Hugh Kearney

Biblioteca
para el Hombre
Actual



Orígenes de la ciencia moderna, 1500 - 1700



Hugh Kearney

Orígenes de la ciencia moderna, 1500-1700

Biblioteca para el Hombre Actual
Ediciones Guadarrama, S. A.
Lope de Rueda, 13 - Madrid

Título original de este libro
Science and Change
1500 - 1700

◆

Lo tradujo al español
Juan José Ferrero Blanco

Para Martha, Jamie y Peter

Manufactured by Librex, Italy

Indice

Introducción

La revolución científica de los siglos XVI y XVII se considera hoy generalmente como un momento decisivo en la historia universal. Gran parte de los historiadores le han concedido un puesto de privilegio junto a movimientos tales como el Renacimiento y la Reforma, de los que, en verdad, no puede ser enteramente disociada. Las innovaciones que trajo consigo se estima que fueron causa primordial del paso de las formas tradicionales de pensamiento, en que la autoridad era aceptada como algo natural y deseable, al «estilo moderno», en donde se estimula abiertamente la valoración crítica de todas las conclusiones como parte esencial de la madurez humana. La revolución científica emprendió el estudio minucioso del universo material y de la naturaleza humana por medio de hipótesis y experimentos que se esperaba condujesen a la novedad y el cambio.

Hablar asi es, desde luego, una simplificación abusiva. «Revoluciones científicas» se dieron ya antes en la historia de la humanidad. Por ejemplo, la revolución neolítica del año 4000 antes de Cristo representó un cambio cualitativo en el acercamiento del hombre a su medio natural. Y entre los siglos III y XIII después de Cristo los chinos hicieron extraordinarios progresos en el conocimiento empírico del universo. Pero fueron los griegos de los años 500-200 antes de Cristo, más que cualquier otro grupo, quienes traspasaron las fronteras cognoscitivas habituales para entregarse a una interpretación revolucionaria de la naturaleza.

Cronológicamente hablando, la revolución científica de la Grecia clásica y helenística no cae dentro del horizonte de esta obra; mas, debido a su influjo posterior en Europa, no puede echarse en olvido. Los hallazgos matemáticos de Pitágoras (582-500 a. C.), las especulaciones de Platón (427-347 a. C.), el empirismo de Aristóteles (384-322 a. C.), la geometría de Euclides (300 a. C.), las intuiciones de ingeniería de Arquimedes (287-212 a. C.), las observaciones astronómicas de Ptolomeo (floreció 139-161 p. C.) y los estudios anatómicos y médicos de Galeno (130?-201? p. C.). Todas estas conquistas hubieron de ser redescubiertas por Occidente a partir del siglo XII, tras haberse perdido sus huellas durante la baja Edad Media que siguió a la caída del Imperio Romano en el siglo V.

El redescubrimiento de la ciencia griega fue fruto de un complejo proceso que abarcó cinco siglos, desde el XII al XVI. Comenzó con la revitalización de la lógica aristotélica en el siglo XII y la incorporación de otras secciones de la ciencia de Aristóteles a la filosofía cristiana. El más conocido de todos cuantos participaron en la tarea de «cristianizar» a Aristóteles es el teólogo del siglo XIII Tomás de Aquino (1226-1274); pero hubo muchos más. Estos intentos de reconciliar la ciencia aristotélica con la doctrina cristiana recibirían luego, de las generaciones filosóficas posteriores, el nombre general de «escolasticismo».

Los teólogos concentraron su atención en la lógica de Aristóteles y en su filosofía general. Sin embargo, para otros tuvieron más interés las observaciones empíricas de Aristóteles, así como las obras médicas de Galeno. Un tercer foco de interés lo constituyeron la astronomía y la astrología, relacionadas entonces con la medicina, por creerse que los planetas ejercían cierto influjo en el curso de la vida humana; de ahi que los horóscopos fueran fuente prioritaria de información para los médicos y cirujanos (v. gr. acerca de si era preferible operar en un día determinado).

En 1500, la asimilación de Aristóteles, Galeno y Ptolomeo era ya completa, y sus puntos de vista se hallaban ampliamente incorporados a la doctrina cristiana en una vasta síntesis, que tuvo el apoyo de los recursos de la Iglesia y el Estado. Dios, el hombre, los ángeles, igual que los animales, los planetas y los elementos, todos tenían su lugar en un mundo cuyo centro eran el hombre y la tierra, y que tenía los cielos más allá de su circunferencia. Esta visión del universo era emocionalmente satisfactoria, religiosamente ortodoxa y poéticamente inspiradora; mas iba a ser reemplazada por otra en un tiempo sorprendentemente corto. En menos de dos siglos casi todas las conclusiones aceptadas desde el año 500 antes de Cristo, y que Occidente había redescubierto con mucho esfuerzo desde el siglo XII, se hallaban en tela de juicio.

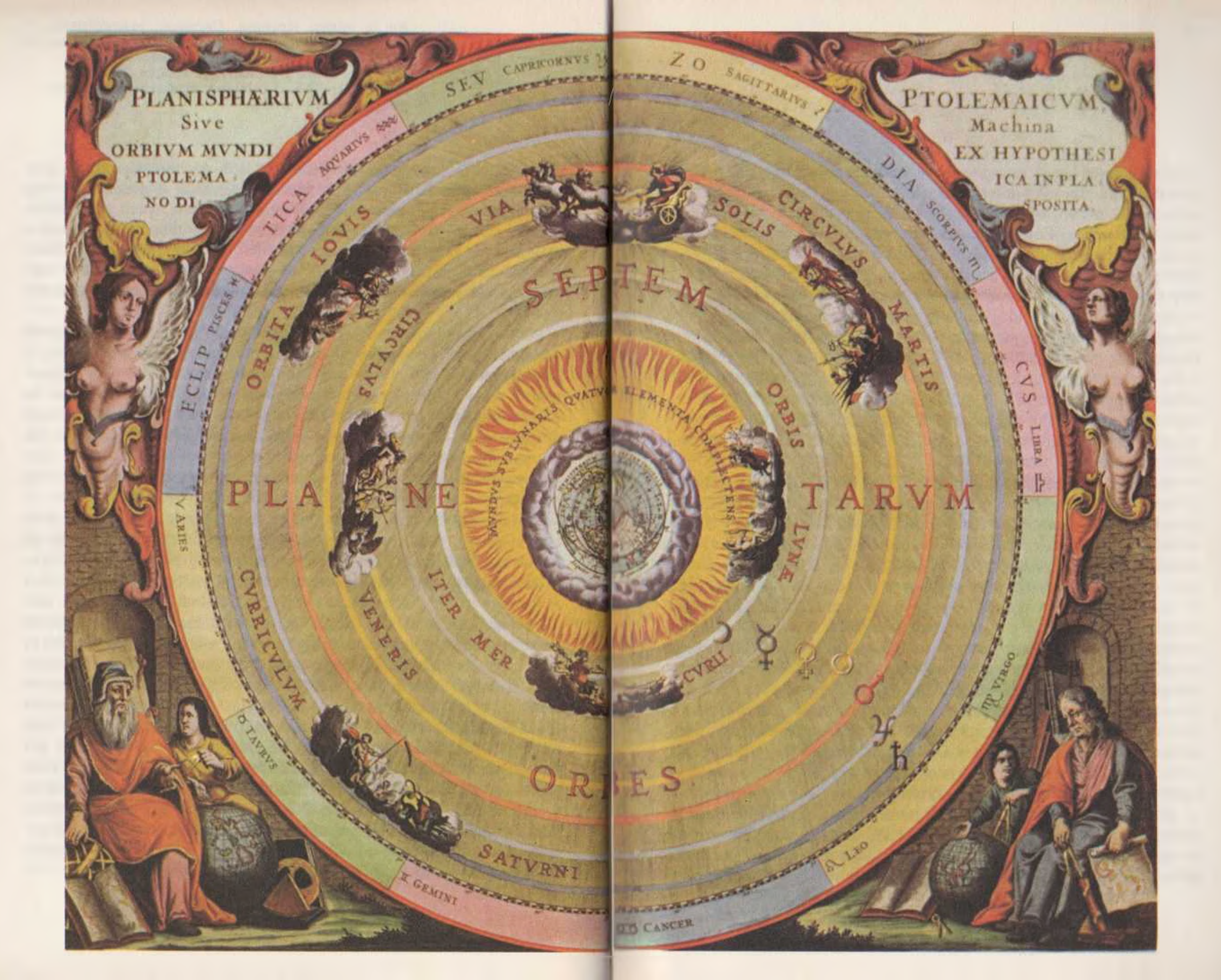
El cambio más sorprendente se produjo en la cosmología. A partir del siglo XVI empezó a sostenerse que la tierra ya no ocupaba su posición tradicional en el centro del universo. sino que era sólo uno de

En la página siguiente. Harmonia macrocósmica, por Andrés Cellarius, y publicado en Amsterdam en 1661, es un atlas de veintinueve láminas muy decorativas y comentadas, aunque de escaso mérito científico. La lámina representa el sistema ptolemaico del universo.

tantos planetas que giran alrededor del sol. Algunos científicos griegos, sobre todo Aristarco (su teoría heliocéntrica se conoció por una sola frase), habían sostenido ese punto de vista, pero el planteamiento sistemático de la teoría se debe en los tiempos modernos a matemáticos geniales: Copérnico, Galileo, Kepler, Descartes y Newton. El éxito que obtuvieron llevó a una aceptación cada vez más creciente de las analogías matemáticas en campos ajenos a la astronomía.

Otro cambio importante tuvo lugar cuando los científicos europeos occidentales se entregaron al estudio personal de los fenómenos, a la construcción de nuevas hipótesis y la programación de experimentos nuevos. Esto comenzó poco a poco en el siglo XIV, pero los progresos fueron ya evidentes en el siglo XVI. Al término de este siglo el número de las aportaciones científicas creció más todavía y fue en aumento, a veces dramáticamente, durante el siglo XVII. El nuevo tipo de método experimental lo iniciaron también, y sobre todo, los matemáticos, incluidos Galileo, Pascal y Newton.

La revolución científica, aunque originada por la recuperación de la ciencia griega, tuvo como secuela el desprestigio del modo griego de interpretar el universo. Hacia 1700, Descartes y Newton habían ocupado el lugar de Ptolomeo en astronomía, Galileo reemplazaba ya a Aristóteles en la física, como Vesalio y Harvey sustituían en medicina a Galeno. En el campo matemático los modernos hicieron notables progresos en direcciones nuevas, sobre todo en álgebra y geometría coordenada. Por este tiempo se inventaron los logaritmos (ca. 1610-1620). Pero las conquistas científicas que más admiración causaron a sus contemporáneos fueron las de Isaac Newton, cuyos *Principia* unificaron en una síntesis matemática el curso de los planetas y la trayectoria de la caída de una piedra. Newton echó por tierra completamente uno de los presupuestos básicos para los griegos: que el mundo celeste y terrestre eran de distinta naturaleza y, en consecuencia, lo eran también las leyes por que se gobernaban. En su *Optica,* Newton demostraba que la luz blanca estaba compuesta de rayos de color, y probó dramáticamente la validez del método experimental en el logro de deducciones revolucionarias.


PLANISPHÆRIVM
Sive
ORBIVM MVNDI
PTOLEMA
NO DI
PTOLEMAICVM
Machina
EX HYPOTHESI
ICA IN PLA
SPOSITA.
SEV
CAPRICORNVS
ZO
SAGITTARIVS
DIA
SCORPIVS
CVS
LIBRA
VIRGO
LEO
CANCER
GEMINI
TAVRVS
ARIES
ECLIP
PISCES
TICA
AQVARIVS
VIA
SOLIS
CIRCVLVS
ORBITA
IOVIS
CIRCVLVS
MARTIS
SEPTEM
PLA
NE
TARVM
ORBIS
LVNÆ
MVNDVS SVBLVNARIS QVATVOR ELEMENTA COMPLECTENS
CVRRICVLVM
VENERIS
ITER
MER
CVRII
SATVRNI
ORBES

Considerada en el contexto de la historia universal, la revolución científica fue un salto intelectual extraordinario que, en definitiva, tuvo repercusiones en todos los aspectos del pensamiento y de la vida occidentales. Comenzaba una nueva tradición que iba a producir frutos asombrosos durante los siglos XVIII y XIX; si bien hacia 1900 los presupuestos de la revolución científica habían sido ya modificados hasta el punto de casi no ser reconocibles.

Este panorama cronológico de la revolución científica servirá nuestro propósito, como simple relato de lo acontecido en la historia de la ciencia entre el año 500 antes de Cristo y el 1500 de la era cristiana. Cabe, sin embargo, criticarlo de excesivamente simplista, aunque sólo intenta poner de relieve que la revolución científica fue a la vez recuperación y repudio del pensamiento griego. Sin detenerse en la complejidad del entero proceso, ni en su conexión con el fenómeno religioso y con la filosofía.

Después de todo, el pensamiento griego no constituyó un sistema unitario, como tampoco lo es en nuestros días el pensamiento occidental. Sus diversas tendencias o escuelas mantuvieron opiniones muy encontradas, que sufrieron cambios a través de un milenio de desarrollo. Después del año 500 de la era cristiana, la Europa occidental cayó en el semibarbarismo —un estado sociológico que no careció de compensaciones artísticas— y la restauración intelectual a nivel elevado se produjo sólo en torno al año 1000. La tarea, pues, de recuperar el pensamiento griego no fue un quehacer relativamente sencillo, y análogo al que supondría la recopilación de las páginas dispersas de alguna enciclopedia. Fue, por el contrario, el duro esfuerzo de una sociedad ampliamente bárbara que se conformaba con la sofisticación intelectual de una cultura superior. Un trabajo, en cualquier caso, de enorme dificultad. Dificultad que vino a acrecentarse por el hecho de que el pensamiento griego, desde el siglo XII en adelante, sólo fue accesible en traducciones latinas deficientes.

Otro problema fue la reconciliación del pensamiento griego con la tradición cristiana. En términos generales, esto significaba agrupar en un todo o reducir a unidad puntos de vista basados en esa amalgama de historia y poesía judías que llamamos *Biblia* (en su versión

griega conocida con el nombre de los *Setenta* y que puede fecharse hacia el 200-100 antes de Cristo), con la filosofía y la ciencia de la adelantada civilización ciudadana de Grecia: una tarea formidable. Los estudiosos medievales llevaban una gran ventaja para ello al carecer del sentido de la historia. Y así, no hicieron distinciones cronológicas entre el pensamiento griego de un período o de otro, y menos todavía entre las distintas formas mentales griegas y hebreas. En vez de hacerlo, intentaron crear una construcción lógica única de puntos de vista que fueron históricamente distintos. Y aceptaron a menudo como genuino lo que críticos posteriores demostraron ser falsificaciones.

Sin embargo, a Occidente no le fue accesible de inmediato la totalidad del pensamiento griego. Durante la Edad Media se estudió la ciencia y la filosofía de Aristóteles, comenzando por su lógica y siguiendo por sus tratados físicos, metafísicos y biológicos. La obra de Platón permaneció casi ignorada. Si se hubieran conocido antes los diálogos críticamente abiertos de Platón es presumible que la ciencia occidental habría emprendido un camino distinto, más matemático y menos empírico. Pero fue sólo a finales del siglo XV cuando el platonismo se impuso de nuevo como una fuerza con la que había que contar, y aun entonces sólo bajo la forma del neoplatonismo.

El mismo Platón escribió en pleno siglo IV antes de Cristo, dentro del mundo social de la Ciudad-Estado griega. El neoplatonismo, con su visión del universo como un conjunto de emanaciones de la mente divina, fue producto de los últimos siglos del Imperio Romano (200-400 p. C.) y tuvo un matiz místico y antirracional. Fue acogido con gran entusiasmo durante el Renacimiento como una filosofía más religiosa que el aristotelismo, en parte porque presentaba una visión del mundo en la que los milagros no parecían fuera de lugar.

La recuperación de la mayor parte del pensamiento griego se completó durante el período renacentista, cuando llegó a conocerse el atomismo de Demócrito (ca. 470 antes de Cristo), así como los tratados técnicos de Arquímedes y otros. Tomados en conjunto, estos autores dieron pie para visiones del mundo diferentes de las

Signos del Zodiaco tomados de un manuscrito ilustrado. Aquí aparecen Géminis («los gemelos») y Sagitario («el arquero»). La predicción de horóscopos constituía una parte importante en la actividad astronómica, incluso para Tycho Brahe y Kepler.

de Platón y Aristóteles. En concreto, hicieron posible el concepto de la teoría mecanicista del universo.

La herencia conflictiva del pensamiento griego supuso un estímulo para los pensadores occidentales. Llevó también a una gran confusión intelectual, que se vio intensificada con la Reforma y las luchas del siglo XVI europeo, cuando las ortodoxias religiosas pugnaban entre sí por obtener la primacía. La historia de la ciencia no salió inmune de esa situación. La ciencia no se desarrolló en un compartimiento estanco que llevara por etiqueta «La revolución científica», sino que fue parte del proceso entero de transformación social e intelectual. El auge de las matemáticas y el desarrollo del método experimental tuvo lugar en un medio donde la religión y la ciencia —o «filosofía natural», como se la llamaba— no eran actividades distintas, como lo son hoy en Occidente. La ciencia nació envuelta en confusión, sospecha e irracionalismo, lo mismo que otras actividades de ese período. Por eso, a nuestra primera visión simplista de la revolución científica debemos sobreponerle otra que tenga en cuenta su complejidad. Los científicos cuya obra someteremos a juicio deben ser considerados dentro de su entorno intelectual, que estuvo dominado por tres patrones distintos del pensamiento griego, tal como lo vieron a través del prisma de dos milenios.

of a nyght

e.ha se

c and se

alway and

fro as meche

passed

Sagittariu

the

n po

ny au

the w

clo

tyd

the

1 Tres tradiciones de la ciencia

En este libro sostendré que la clave para interpretar los orígenes y el desarrollo de la revolución científica hay que buscarla en tres tradiciones o mentalidades perfectamente definidas: la organicista, la mágica y la mecanicista. Pero antes de discutirlas en sus pormenores quisiera detenerme en la crítica de cierta actitud histórica que tiende a prevalecer y que deforma los datos generales de la revolución científica; voy a llamarla «la interpretación whig o progresista de la historia»

La interpretación whig de la historia

Esta interpretación implica un modo de ver el pasado que divide a los hombres fundamentalmente en sólo dos categorías: progresistas y reaccionarios, los que miran hacia delante y los que miran hacia atrás, protestantes y católicos. Como advirtió Herbert Butterfield en un brillante ensayo, este modo de considerar la historia lleva a grandes deformaciones, porque impone al pasado los patrones del presente.

Uno de sus peligros radica en dar por supuesto que la finalidad del pasado fue preparar los caminos del presente. Otro riesgo consiste en trazar una mera línea de continuidad entre el presente y el pasado. Pero el error básico tal vez sea reemplazar una explicación basada en un desarrollo lógico de los hechos, en el lugar de otra interpretación menos racional y más compleja del pasado.

La interpretación whig recibe este nombre del relato de la historia constitucional inglesa que hicieron en el siglo XIX los historiadores whig, quienes vieron la libertad inglesa «ampliándose poco a poco de un precedente a otro precedente». Los fundamentos de la libertad fueron puestos por la Carta Magna en 1215, rescatados en la guerra civil del siglo XVII y confirmados por la «Gloriosa Revolución» de 1688, cuyas implicaciones se llevaron a efecto en las medidas reformistas del siglo XIX. El presupuesto básico que se halla tras esta interpretación de la historia inglesa es bien sencillo: los ingleses aparecen divididos en dos categorías, a saber: los amantes

El universo copernicano, con el sol en el centro, tomado del *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Nuremberg (1543). Copérnico sostenía que existía una esfera inmóvil de estrellas más allá de los planetas, entre los cuales figuraba la Tierra. Entre esta lámina y la de la página 31 queda resumida la revolución copernicana.

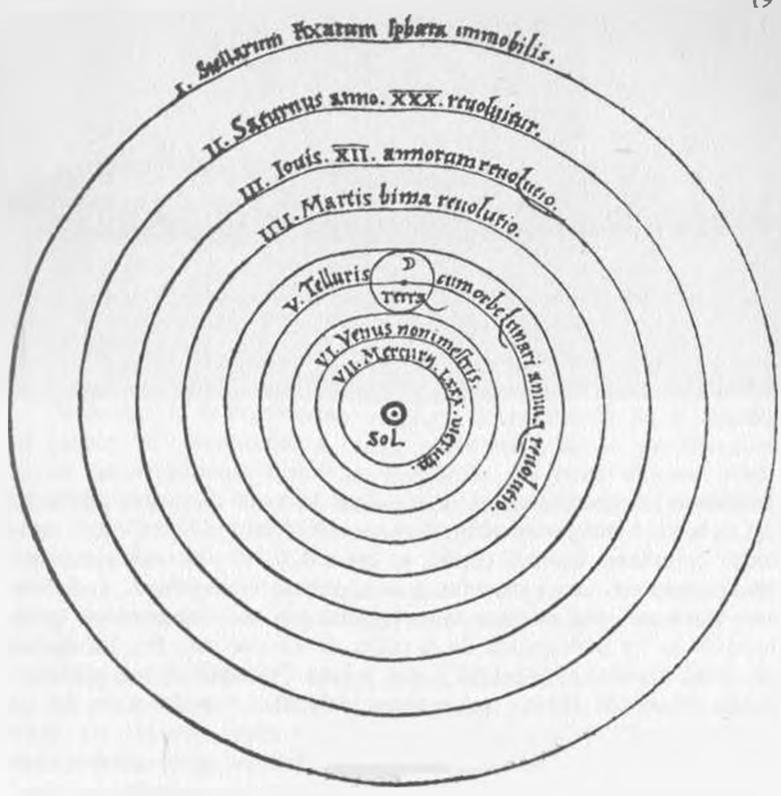
de la libertad —los whigs— y los enemigos de la libertad —los tories—. Mediante este postulado, la historia inglesa adoptaba un esquema inteligible que acabó por ser consagrado como un mito.

Pero sería engañoso limitar nuestra atención a Inglaterra y los historiadores whig. La mayor parte de las interpretaciones nacionalistas de la historia emiten juicios parecidos acerca del pasado. La historia aparece como la leyenda de quienes apoyaron el desarrollo de la nación, y de los que no lo hicieron. Las grandes diferencias que separan a los patriotas de una y otra generación no se tienen en cuenta, y se difuminan distinciones fundamentales entre los hombres de una misma generación. La historia nacionalista concebida así parece responder a una poderosa necesidad emocional dentro de las sociedades políticas nuevas que se siente empujadas a crearse un «pasado».

Tal vez el ejemplo más resonante de la interpretación whig de la historia nos sea ofrecido hoy por los marxistas. Este hecho es paliado hábilmente por la propaganda marxista en favor de una historia «científica» y por la indudable erudición e imaginación de muchos historiadores marxistas. Pero en realidad, en muchas historias marxistas subyace la idea de que la historia es un relato del progreso que cuenta con los progresistas, por un lado, y los reaccionarios, por otro.

Mucho se juega con los términos de «progresista» y «retrógrado»; como si fuera posible aplicar tales conceptos a las complicadas situaciones del pasado; como si, de hecho, esos conceptos tuviesen un valor bien definido. Podemos alinear a estos marxistas con los whigs, en cuanto historiadores empeñados en leer el pasado en el contexto del presente y en aplicar a la historia dos categorías que, de hecho, no son más que morales.

Cabe ahora preguntarse: ¿Qué tiene que ver todo esto con la historia de la ciencia? A mi entender, mucho. En su inmensa mayoría, las historias generales de la ciencia están escritas partiendo del presupuesto de que, aparte de cualesquiera detalles técnicos, existen unos simples sucesos que hay que narrar. Desde este punto de vista, la historia de la ciencia aparece como relato del advenimiento y des-



arrollo de un método racional de interpretar la naturaleza a partir de un estadio nebuloso de irracionalismo y superstición. Los primeros científicos son vistos como hombres que buscaron a tientas un método propio para la ciencia, que habia de ser descubierto al fin en todo su esplendor por las generaciones posteriores. Si aquellos primeros científicos encontraron oposición entre sus coetáneos, la razón es bien sencilla: ellos eran progresistas y sus oponentes reaccionarios.

Reducida a síntesis, la interpretación whig de la historia de la ciencia quedaría como sigue. La primera brecha de importancia fue obra de Copérnico, astrónomo polaco (1473-1543), quien propuso la teoría de que la tierra giraba en torno al sol, y no al revés, como



pensaban los conservadores. Su punto de vista lo aceptó a finales de siglo el científico alemán Johannes Kepler (1571-1630) y también el italiano Galileo Galilei (1564-1642). Kepler descubrió que las trayectorias de los planetas eran elípticas, no circulares, y Galileo fue quien usó por primera vez el telescopio en astronomía y quien formuló la ley matemática de la caída de los cuerpos. Por fin apareció Isaac Newton (1642-1727), que en sus *Principia* aplicó brillantemente la misma ley al movimiento planetario y a la caída de los cuerpos por igual.

Tal es, en líneas fundamentales, la versión whig de la revolución científica, y la estructura básica que subyace, por ejemplo, en obras tales como el estudio monumental de E. J. Dijksterhuis que lleva por título *The Mechanisation of the World Picture* (1950). Copérnico, Galileo, Kepler y Newton son los nombres clave, pero el esquema es susceptible de incorporar otros nombres científicos —Tycho Brahe, Descartes, Robert Boyle y Leibniz— una vez emitido el juicio inicial de que son «progresistas». Todos los demás que no se adaptan a esas categorías se relegan al olvido. (El mismo Butterfield, en ocasiones, no acierta a evitar el uso de juicios duros, como «locura», cuando trata de opiniones que no concuerdan con su propia interpretación.)

Los atractivos de un esquema tan simplista son obvios. Reduce a proporciones manejables una parte muy técnica de la historia del espíritu. Como estructura lógica que acentúa la progresión racional de las ideas, cautiva con facilidad la mente filosófica y científica

Un telescopio terrestre inglés hacia 1680, fabricado por William Longland, que fue director de la Spectacle Maker's Company en 1686-1687 y 1694-1695. El cuerpo del telescopio está hecho de cartón recubierto de pergamino decorado en diferentes colores y bordeado de oro. Su longitud total (cerrado) es de 60 centímetros, pero tiene nueve tubos de prolongación; las lentes están sobre monturas de *lignum vitae*, y la lente del objetivo, a diferencia de como se haría después, está en la montura más grande.

Pero, de hecho, tal esquema se halla expuesto a las mismas objeciones que la propia interpretación whig, que la historia nacionalista y que la historia marxista. La prueba del guiso se hace al comer. Una historia whigiana de la ciencia se desmorona, como cualesquiera otras interpretaciones whig, apenas se lleva a cabo un estudio serio de los problemas concretos o se examinan períodos determinados de la historia.

De hecho, la interpretación whigiana de la historia de la ciencia no parece ya convincente a causa, sobre todo, de la proliferación de las investigaciones históricas detalladas de estos últimos años, investigaciones que han ido apareciendo en publicaciones periódicas tales como *Isis*, *Ambix*, *Archives Internationales pour l'histoire des Sciences* y *Journal of the History of Ideas*. Tal vez sea exacto decir que desde la segunda guerra mundial el aumento de importantes obras impresas ha sido mucho mayor que en cualquier período precedente.

Pero, aun dejando esto aparte, existe desconformidad general acerca de las fronteras artificiales establecidas por las interpretaciones whig. De ahí que muchos historiadores, siguiendo el ejemplo de la escuela francesa de Marc Bloch y Lucien Febvre, se hayan orientado hacia la «historia integral». Una historia escrita desde esta nueva perspectiva intenta la historia total para hacer inteligibles todos los aspectos de la vida en las sociedades concretas y no sólo una línea determinada de aparente progreso.

En alguna medida, los marxistas habían emprendido ya el camino en esa dirección. De hecho, puede afirmarse que uno de los efectos benéficos de las interpretaciones marxistas de la historia ha sido el obligar a los historiadores a situarse en una perspectiva amplia y a buscar interconexiones entre temas en apariencia muy dispares. Mas, por desgracia, el marxismo es a menudo demasiado rígido y demasiado predecible, y sólo presenta una forma de explicación y un tipo de analogía. Un ejemplo más provechoso nos lo ofrecen los sociólogos y los antropólogos sociales. Con ellos nos sentimos menos inclinados a hacer distinciones simplistas entre comportamiento racional e irracional. Consideramos más bien la función social de

ciertos tipos de actividad. Y caemos en la cuenta de que lo llamado «mágico» en una sociedad primitiva puede corresponder a lo llamado «ciencia» en otra más avanzada. También nos familiarizan con un número más amplio de conceptos que el que nos ofrece el análisis marxista de las «clases», tales como «papel», «función», «estado» y otros conceptos. Y lo que es aplicable al historiador político e intelectual cabe aplicarlo también con igual fuerza al historiador de la ciencia. De este modo la historia de la ciencia ya no aparece como una actividad independiente, como tradición científica cerrada, con su verdad propia que va «ampliándose poco a poco estableciendo precedente tras precedente». Los historiadores de la ciencia están hoy dedicados a buscar el influjo de factores juzgados no-científicos y no-racionales sobre los hombres de ciencia.

Hasta cierto punto este planteamiento se ha venido practicando desde hace muchos años. El darwinismo es un caso obvio al respecto. Parece seguro que la imaginación científica de Darwin se vio estimulada por la ley malthusiana de la población. Malthus, al acentuar la presión continua de la población sobre la disponibilidad de alimentos, dio pie a la teoría darwiniana de la selección natural. En otras palabras, para explicar la aparición de *El origen de las especies,* el historiador de la ciencia debe aceptar la historia general de los comienzos del siglo XIX.

Las tres tradiciones científicas

En el intento de evitar las redes de una interpretación whig de la revolución científica, voy a sostener que hubo durante este período al menos tres modos de acercarse a la naturaleza que, en sentido amplio, pueden ser denominados «científicos», por cuanto los tres obtuvieron conquistas que han sido incorporadas a la tradición científica moderna. Pero la «modernidad» es criterio peligroso. Los tres aceptaron suposiciones religiosas acerca del universo, mientras la ciencia moderna es, por definición, una actividad profana. Ningún

exponente de una determinada tradición tuvo el concepto de ciencia en su sentido moderno; en realidad, el término «científico» (hombre de ciencia) fue creado en el siglo XIX. Por eso la exploración de los fenómenos naturales durante aquel período tenemos que verla de acuerdo con sus propios términos de referencia, aun cuando muchos de ellos nos parezcan «mágicos» o «supersticiosos». No existe línea progresiva directa de ellos a nosotros; y así, cuando nos vemos tentados de identificar nuestros propios intereses con una u otra de dichas tradiciones, somos víctimas de una ilusión óptica que el análisis ulterior pondrá de manifiesto.

En términos generales, las tres tradiciones pueden ser descritas como organicista, mágica y mecanicista. En la tradición *organicista* el científico explicó el universo material sirviéndose de analogías tomadas del mundo que hoy llamamos biológico. El lenguaje que utilizaba tuvo por origen la observación del crecimiento y la decadencia; con la analogía de la bellota que crece hasta hacerse roble, siempre a punto. Y así, las venas minerales metálicas fueron explicadas mediante la hipótesis de que el metal había «crecido» en un lugar que le era favorable.

Lo que más impresionaba a esta mentalidad no era el curso regular y uniforme de la naturaleza, sino su cambio constante. Pero también dentro del proceso de cambio se daba cierta consistencia que necesitaba justificarse. La bellota no crece para hacerse gallina. Esto llevó a la conclusión de que existía en todos los fenómenos naturales una potencialidad o intencionalidad, una «causa final», que presidía el desarrollo.

En la tradición organicista, el científico se volvía casi inevitablemente hacia el estudio de los organismos vivos. E incluso cuando se ocupaba de lo que hoy consideraríamos como naturaleza inanimada, tendía a atribuirle vida y a emplear un lenguaje y términos derivados de su interés primario por la vida y el crecimiento. Los términos «natural» e «innatural» se aplicaron en la tradición organicista a los problemas del movimiento. Una piedra que caía se comportaba «naturalmente»; un proyectil lanzado hacia arriba se movía de modo «innatural».

Una salamandra de la *Historia de los animales* escrita por el naturalista suizo Conrad von Gesner (1516-1565). El título de la obra demuestra que se intentaba emular con ella la obra de Aristóteles del mismo título. Era opinión generalizada que la salamandra vivía en el fuego, a causa de la frigidez que se atribuía a su temperamento. Pero J. P. Wurffbain, en su *Salamandrologia* (1683), echó por tierra este mito.

La segunda tradición, la *mágica*, ofrecía un cuadro científico en donde la naturaleza se consideraba como una obra de arte. (Hago uso del término «mágico» con preferencia a «estético», por que insinúa las resonancias de misterio que, en mi opinión, se incluían.) Las analogías propias y el lenguaje del científico procedían de una visión de la naturaleza en la que lo bello e ingenioso, la sorpresa y el misterio se consideraban características prevalecientes. Sin embargo, en este cuadro general cabía una inmensa variedad de matices. Algunos intérpretes se volvían hacia las matemáticas y hacia el mundo que se presumía estar más allá del continuo cambio del universo visible. Otros consideraban el papel del intérprete de la naturaleza parecido al del mago, cuya posesión de los secretos naturales le torna poderoso.

En la tradición mágica, la divinidad cristiana asumió algunos de los atributos considerados propios del mago o del artista; y los científicos que trabajaron en esta dirección se creyeron seguidores del ejemplo del Creador y, rastreando los indicios del universo material, intentaban hacerse una idea de lo que podría ser la mente del «Artista Divino».

La tercera tradición, la *mecanicista*, adoptó una visión de la naturaleza en que la analogía prevaleciente era la máquina. Lo que impresionaba a los científicos que trabajaron en este marco era la regularidad, la fijeza y la naturaleza previsible de los fenómenos. Los planetas se definían en términos mecánicos, lo mismo que el cuerpo humano, el reino animal e incluso el proceso de la creación artística. Desde esta perspectiva el Dios cristiano adquirió algunas de las características del ingeniero. Los mecanicistas se fijaron en aquellos aspectos del mundo más fácilmente explicables en términos mecánicos. Problemas que se hubieran considerado marginales en las tradiciones organicista y estética, tales como los de la aceleración, asumieron un sentido e importancia nuevos en la perspectiva mecanicista. El concepto de leyes científicas inmutables, susceptibles de ser expresadas en términos matemáticos, fue aquí de gran trascendencia, y el estudio matemático llegó a ser nota prevaleciente en esta tradición.

De Salam. A. Lib. II. 81



Figura prior ad viuum expressa est. altera vero quae stellas in dorso gerit, in libris quibusdam publicatis repe-
ritur, conficta ab aliquo, qui salamandram & stellionem à stellis dictum, animal vnum putabat, vt coniicio. &
cum à stellis stellionem dictum legisset, dorsum eius stellis insignire voluit.

En el marco histórico podemos juzgar la tradición mágica como reacción contra la tendencia organicista, y la tradición mecanicista como reacción contra la mágica. Mas es preciso añadir que dentro de cada tradición hubo subgrupos y distintas escuelas de pensamiento.

Lo que nosotros hemos intentado de hecho es diseñar tres modelos o paradigmas que explican muchos aspectos del desarrollo de la revolución científica; pero, como luego veremos, cada una de las tradiciones estuvo en relación con algunos aspectos del pensamiento griego: la tradición organicista con Aristóteles, la tradición mágica con el neoplatonismo y la tradición mecanicista con el atomismo y Arquímedes.

La tradición organicista

La tradición organicista de la ciencia se apoyó sobre la triple base de Aristóteles, Galeno y Ptolomeo, entre los cuales tuvo prioridad Aristóteles. Los tratados biológicos de éste, las observaciones médicas de Galeno y la gran obra astronómica de Ptolomeo, el *Alma-*

gesto, suministraron una cantidad de datos empíricos que no tuvo rival durante más de un milenio. El mismo volumen de esta literatura dio confianza a los científicos de la tradición organicista y les hizo posible dejar de lado, como marginales, todas las objeciones. Si miramos a los aristotélicos con los ojos de Galileo vemos en ellos un grupo de teorizantes ingenuos. Pero, a su propio juicio, que no carece de justificación, fueron auténticos empiristas.

Los tratados empíricos de Aristóteles, sobre todo la *Historia natural de los animales,* ponen de manifiesto su capacidad de observación paciente, junto con un saludable recelo frente a la teorización excesiva. Al influjo de este aspecto del aristotelismo se añadió el empirismo demostrado por Galeno en sus tratados anatómicos. Y también la astronomía ptolemaica puede considerarse como historial de las observaciones llevadas a cabo en un laboratorio astronómico, donde los «experimentos» se repetían incansablemente en las mismas condiciones.

Pero la tradición organicista fue algo más que una colección de observaciones científicas. Fue también un sistema filosófico con ramificaciones hacia la metafísica, ética y lógica, que en la mayor parte de las universidades europeas estuvo considerado durante casi todo este período (1500-1650) como el único capaz de ofrecer una síntesis aceptable del conocimiento humano, aun cuando pudiera ser objeto de modificaciones de detalle. De este modo, la tradición organicista cumplió dos cometidos relacionados entre sí: fue fuente de información científica y, además, ofreció un esquema intelectualmente coherente.

La ciencia aristotélica, tal como se expone en innumerables libros de texto de los siglos XVI y XVII, puso el acento en el desarrollo finalista del universo. El cambio, tónica constante de la naturaleza, se hallaba controlado por un fin predestinado (o causa final). En cuyo hincapié podemos advertir el impacto producido por los estudios biológicos de Aristóteles, que él usó como llave de las otras ciencias. La analogía dominante en la ciencia aristotélica fue tomada del crecimiento natural, que en términos aristotélicos era movimiento dirigido hacia un fin concreto. Los aristotélicos veían este proceso repetido

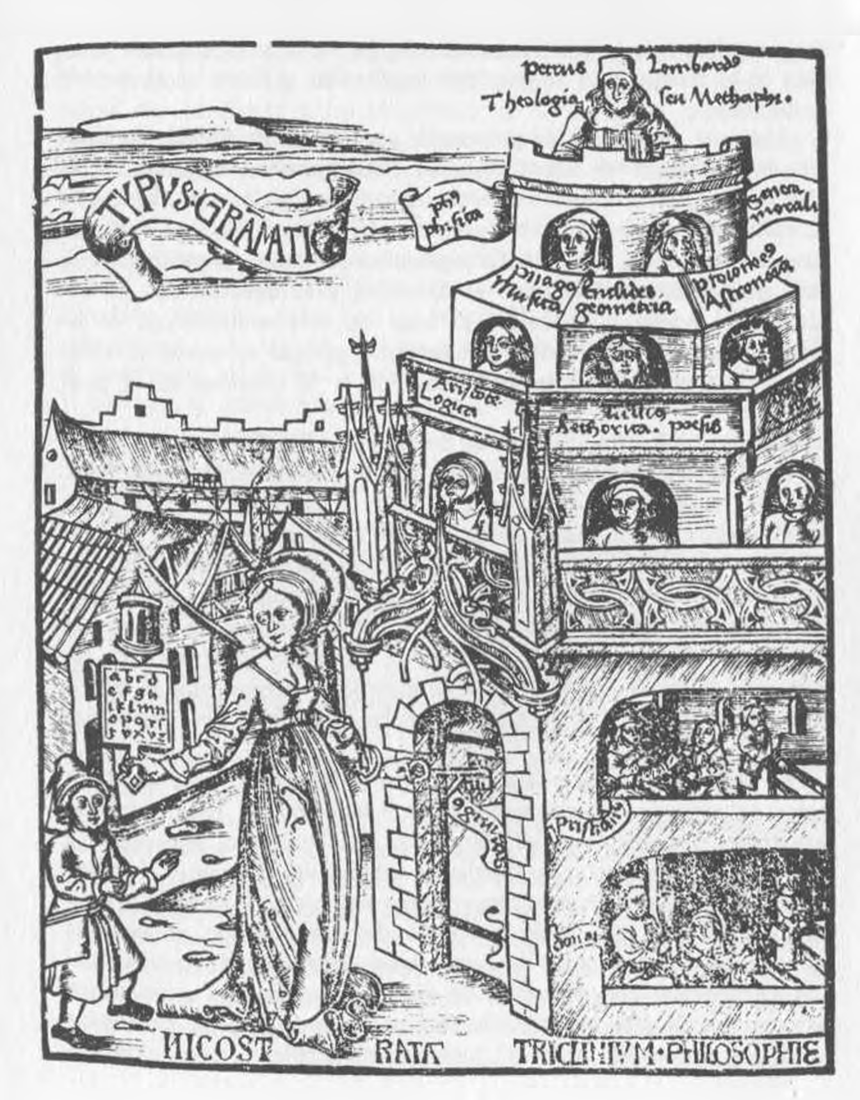
en la totalidad de la naturaleza, no sólo en los seres vivos, sino también en el movimiento de las cosas inanimadas y hasta en el cambio «químico».

Mas esta actitud no fue puramente académica. Aristóteles consideraba su planteamiento científico como una respuesta concluyente a las afirmaciones mecanicistas de Demócrito. Cinco siglos más tarde que Aristóteles, Galeno se enfrentó también al mecanicismo de sus contemporáneos. Y así, la tradición organicista fue desde el principio una serie de posturas teóricamente establecidas, y antimecanicistas en espíritu. Es, pues, comprensible el auge de esta tradición en el siglo XVI, cuando las doctrinas mecanicistas griegas se vieron revitalizadas y amenazaron las mismas bases de la fe cristiana en la providencia.

Las teorías aristotélicas acerca de la física y de los cambios químicos estaban íntimamente relacionadas con la cosmología de Aristóteles. La tierra constituía el centro del universo y en torno a ella giraban los planetas y el sol, cada uno en su órbita. Había un arriba y abajo absolutos y se hacía una distinción completa entre el mundo lunar y el sublunar, cada uno de los cuales tenía su propia física y su propia «química». En el mundo lunar los planetas se movían en órbitas circulares y estaban compuestos de un elemento incorruptible. En el mundo sublunar el cambio era característica permanente, el movimiento era rectilíneo y la materia estaba compuesta de cuatro elementos.

Es fácil rechazar esta descripción como fantástica, pero debemos tratar de entender el razonamiento que le sirvió de base. Las observaciones astronómicas del *Almagesto,* de Ptolomeo, apoyaban la idea de que los planetas se movían a velocidades diferentes en órbitas circulares, con la tierra como centro del cosmos. En 1500, Ptolomeo podía aún ser citado en apoyo del aristotelismo no en términos poéticos, sino como la fuente más autorizada de la observación astronómica más avanzada de que se disponía. Los aristotélicos hicieron uso de esta información técnica en apoyo de sus principios filosóficos, según los cuales el movimiento circular, eterno e inmu-

Dos de las tres artes liberales, dialéctica y gramática, que con la retórica formaban el trivio. El mundo medieval lo consideraba como la base del conocimiento que había de conducir a la teología. La torre de la figura (1) muestra la graduación de las artes liberales a la verdad divina. El papel de la lógica está representado en la segunda ilustración como «Typus Logice». Armado de un hacha y de una espada, que simbolizan las técnicas de la pregunta del silogismo, el estudiante



se abre camino hacia un bosque de opiniones, avanzando cautelosamente a través de una marisma de falacias siguiendo el rastro de dos perros que simbolizan la verdad y la falsedad. En el bosque aparecen indicadas también varias escuelas de pensamiento: los ocamistas, los tomistas, etc. La ilustración procedente de la obra *Margarita Philosophica*, de principios del siglo XVI, es prueba de lo influyente que era el tomismo entre 1500-1600.



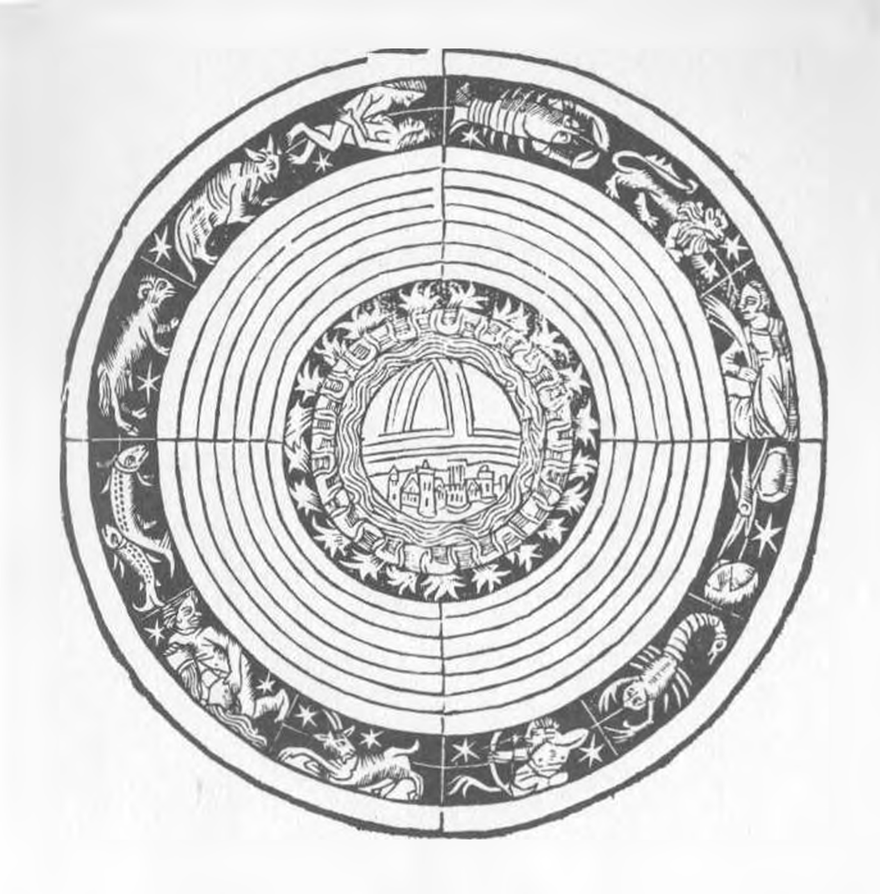
El universo precopernicano, mostrando la tierra en el centro, con los cuatro elementos aristotélicos (tierra, aire, fuego y agua) rodeados por las esferas de los planetas y la de las estrellas fijas. Imagen tomada de *Practica compendiosa artis Raymond Lull* (1523).

table, de los planetas era una forma de movimiento perfecto que debía contrastarse con el movimiento rectilíneo, y en consecuencia imperfecto, de los cuerpos terrestres.

Dentro del imperfecto mundo sublunar regían principios científicos diferentes. Desde Empédocles en adelante (ca. 450 a. C.) se aseguró que el universo material estaba compuesto por cuatro elementos: tierra, aire, fuego y agua; dos de los cuales eran «pesados» (tierra y agua) y los otros dos «ligeros» (fuego y aire). Sobre esta base explicaban los aristotélicos tanto la «física» como la «química». El movimiento no era sino el traslado en el espacio de los elementos pesados o ligeros hacia su lugar natural dentro del universo. Las cosas en que predominaban la tierra o el agua se movían hacia abajo, ocurriendo lo contrario con el fuego y el aire (v. gr., el humo, las nubes, etc.). Esta conclusión se apoyaba en observaciones rudimentarias, y encajaba perfectamente con la idea aristotélica de que el movimiento finalista era la característica predominante del universo. Un cuerpo que cae se desplaza a velocidad creciente porque va «en busca» de su posición natural; y cae en línea recta porque tal es la forma del movimiento limitado que se reputa como propia del universo imperfecto.

Los aristotélicos no excluyeron las consideraciones matemáticas de su explicación general de la caída de los cuerpos. Siguiendo a Aristóteles mismo, la mayor parte de ellos fueron del parecer que la velocidad de un cuerpo que cae es proporcional a su peso; de ahi que el plomo caiga con mucha mayor rapidez que una pluma. Los experimentos practicados en el agua aportaron alguna justificación a la teoría, mientras los practicados en el aire eran más ambiguos. Desde el siglo XIV, algunos aristotélicos, tales como el francés Oresme (m. en 1382), intentaron exponer en términos geométricos el comportamiento de los cuerpos que caen.

El «caso problema» para la teoría de Aristóteles era el comportamiento del proyectil, que sigue una trayectoria «innatural», en contra de su «natural» proclividad a volver a la tierra. Este caso fue explicado por la mayoría de los aristotélicos como efecto del movimiento del aire. A partir del siglo XIV, analistas más refinados lo explicaron



en términos de una «cualidad» (el «ímpetu») que el proyectil adquiere, y va perdiendo gradualmente.

Los cuatro elementos (tierra, aire, fuego y agua) constituyen para la tradición organicista la clave de la composición de la materia. Aquí, como en la física, la postura de Aristóteles fue anti-mecanicista. Al defender la existencia de cuatro elementos básicos, Aristóteles se enfrentaba con los que creían en un solo elemento compuesto de átomos en interacción mecánica. Los aristotélicos explicaban los cambios químicos recurriendo a la composición cambiante de los cuatro elementos en una misma sustancia. (El carbón vegetal, por ejemplo, había perdido, según ellos, gran parte de su «aire», y de ahí que


TROPICUS

La esfera armilar era un esqueleto del globo celeste. La que reproducimos aquí ilustra el sistema planetario copernicano. Fue construida por Charles Boyle (1676-1731), sobrino de Robert Boyle y cuarto conde de Orrery. De ahí el nombre «Orrery» dado a menudo a tales esferas. Hacia 1700 las teorías de Copérnico eran comúnmente aceptadas en Inglaterra.

tuviese una composición más alta de «tierra» que de madera.) Pero el cambio material no era el único factor; iba acompañado del cambio de «forma sustancial», es decir, que las cualidades («forma») de la madera eran distintas de las del carbón vegetal. Consiguientemente, incluso en el cambio químico, que afecta sólo a cosas inanimadas, se daba un desarrollo «finalista» al pasar de uno a otro estado. La insistencia aristotélica en la forma sustancial y en la diferencia cualitativa excluía la posibilidad de explicar mecánicamente los cambios químicos. Hasta en la física el «ímpetu» era considerado como una cualidad inherente al proyectil.

Aunque debemos admitir que hubo un núcleo firme de datos empíricos en el centro del aristotelismo, sigue en pie el hecho de que ni Aristóteles ni sus seguidores podían sustraerse a la tendencia de sistematizar y generalizar partiendo de una base endeble. El instrumento comúnmente aceptado para sus razonamiento fue el silogismo, que en su forma más simple puede enunciarse de este modo: «Todos los hombres son mortales; Sócrates es hombre; Sócrates es mortal».

Mediante esta fórmula, y sucesivas elaboraciones de ella, Aristóteles construyó un sistema filosófico que es o muy imaginativo o fantástico, según el punto de vista. Dicho sistema le llevó a explicar prolijamente la incompatibilidad del movimiento circular y el movimiento rectilíneo en estos términos:

Ahora podemos probar claramente que la rotación es el tipo primario de locomoción. Como queda ya dicho, toda locomoción es o rotatoria o rectilínea o compuesta de ambas, y las dos primeras han de ser anteriores a la última porque son los elementos de que la última consta. Por otra parte, la locomoción rotatoria es anterior a la rectilínea porque es más simple y completa, como probaremos en seguida. La línea recta recorrida en el movimiento rectilíneo no puede ser infinita, porque no existe una línea recta infinita; y, aunque existiera, nada podría recorrerla moviéndose: porque lo imposible no se da, y es imposible recorrer una distancia infinita. Por otro lado, el movimiento rectilíneo sobre una línea recta finita es, si se vuelve hacia atrás.

un movimiento compuesto —en realidad, dos movimientos—, y si no se retrocede, un movimiento incompleto y perecedero; y en el orden de la naturaleza, de la definición y del tiempo a la vez, el movimiento completo antecede al incompleto, y el imperecedero al perecedero. Además, un movimiento que puede ser eterno antecede al que no puede serlo. Ahora bien, el movimiento rotatorio puede ser eterno, lo que no puede ser ningún otro movimiento, de tipo locomoción o de cualquier otro tipo, ya que en todos ellos tiene que producirse una parada, en cuyo caso ha cesado el movimiento. Por otra parte, la conclusión a que hemos llegado de que el movimiento rotatorio es singular y continuo y el rectilíneo no lo es, es razonable. En el movimiento rectilíneo se da un punto concreto de partida, un punto de llegada y un punto intermedio... En cambio, en el movimiento circular no existen tales puntos fijos; pues ¿por qué determinado punto de la línea habría de constituir un límite con preferencia a otro? Cualquier punto de ella, lo mismo que cualquier otro, es a la vez punto de partida, punto intermedio y punto de llegada [1]

La aplicación universal de este tipo de razonamiento silogístico, junto con el hincapié de Aristóteles sobre las formas sustanciales y las causas finales, fue el principal blanco de ataque durante el siglo XVII. Sus críticos objetaban que el aristotelismo, al querer explicarlo todo, no explicaba nada. En su defensa es preciso decir que en 1600 no había ningún sistema de explicación científica comparable con él.

El aristotelismo ofrecía, juntamente, un marco de discusión y un blanco a que apuntar. Con todos sus defectos, este paradigma era mejor que la carencia de todo paradigma. Y hasta que Descartes escribió sus *Principia Philosophiae* (1644) no se dio alternativa posible.

Si bien Aristóteles no fue cristiano, y gran parte de su doctrina (por ejemplo, la eternidad del mundo) era inaceptable para la Iglesia cristiana, hacia el año 1500 constituyó la influencia intelectual predominante sobre la teología. Términos tan aristotélicos como sustancia y accidente, o materia y forma, eran utilizados para explicar la doctrina cristiana acerca de la eucaristía (es decir, la transustancia-

ción); y la acentuación aristotélica de la causalidad final ayudaba a esclarecer la actividad de Dios en la naturaleza. El dios de los teólogos, si no el de la Biblia, era una divinidad cuya inteligencia se puso de manifiesto en el funcionamiento finalista del universo. Dios era un lógico cuyas premisas podían analizarse y cuya naturaleza era susceptible de examen. Hasta la misma obra divina de la gracia fue objeto de análisis lógico. En su acentuación de la intencionalidad y del racionalismo deductivo, la ciencia aristotélica y la teología escolástica fueron de la mano.

Así, pues, por encima de todas las consideraciones que se hagan sobre la categoría intelectual y científica de Aristóteles, Galeno y Ptolomeo, y de la satisfacción emocional que produce el explicar todos los fenómenos de la naturaleza, la fuerza de esta tradición durante el período que estudiamos radica en su estrecha conexión con la ortodoxia religiosa. En todas las universidades católicas, y en la mayoría de las protestantes, el escolasticismo fue ganando terreno durante buena parte de los siglos XVI y XVII. La tradición organicista mandaba, por decirlo así, respaldada por los recursos de la Iglesia y el Estado y bien atrincherada dentro de las universidades. Las dos tradiciones opuestas actuaban al margen, sujetas a presiones, cuando no a persecución.

A pesar de la posición privilegiada que gozaron dentro de la sociedad, los aristotélicos no se libraron de algunas críticas y se sintieron atacados en algunos puntos importantes: la teoría geocéntrica del universo, la imposibilidad del vacío y la trayectoria seguida por un proyectil. En las tres objeciones la observación empírica dejaba al descubierto que la teoría aristotélica era deficiente. Si preguntamos por qué motivo se pusieron sobre el tapete esos problemas más bien que otros, la respuesta es que el razonamiento deductivo de Aristóteles fue particularmente extenso en torno a esos tres puntos, y, además, porque en ellos la divergencia entre teoría y realidad era singularmente llamativa. Si preguntamos por qué se suscitaron entonces y no antes, el factor clave parece hallarse en la disponibilidad actual de paradigmas científicos distintos, derivados también de fuentes griegas y considerados por ello tan dignos de respeto como Aris-

Este mosaico de Hermes Trismegisto, que data de hacia 1480 y que se encuentra en la catedral de Siena, es una prueba de la enorme boga de que gozó la ideología hermética durante el Renacimiento italiano. Trismegisto, que aparece aquí en compañía de Moisés (?) y de un personaje egipcio, es presentado como contemporáneo de Moisés. Pese a que nunca existió, tuvo una acogida extraordinaria en la mentalidad de aquella época.



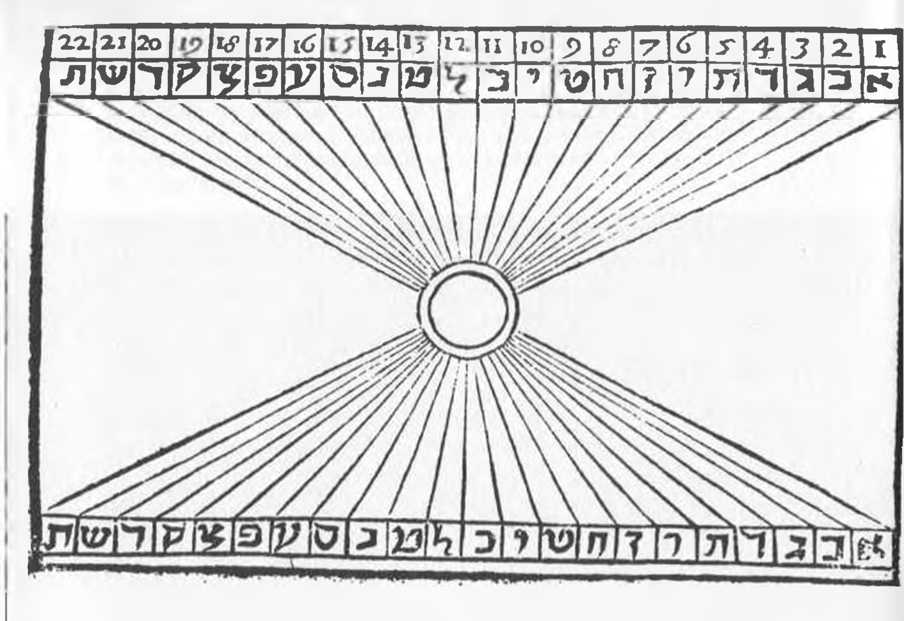
tóteles; esos paradigmas nuevos fueron las tradiciones mágica y mecanicista. Desde estas dos nuevas perspectivas, ciertos aspectos del aristotelismo parecían más expuestos que otros a la crítica.

La tradición mágica

El papel del científico en el marco de esta tradición era ponerse a tono con el mensaje del universo y ser una especie de mago, mientras el científico organicista estaba muy cerca de ser un lógico. Dios era un mago, un realizador de maravillas, y no el prístino motor racional de Aristóteles; y el mejor ideal que podia proponerse un hombre de ciencia era el de llegar a ser místico para poder oír la música mágica del universo.

Gran parte de la inspiración que dio origen a esta actitud procedía de los escritos atribuidos a un egipcio antiguo y misterioso llamado Hermes Trismegisto. Trismegisto (Hermes tres veces bendito), que no existió nunca de hecho, era considerado autor de más de una docena de tratados (los «Escritos Herméticos») que pretendían exponer la sabiduría de los egipcios durante el período de Moisés. Dichos tratados fueron accesibles por vez primera a los occidentales tras la caída de Constantinopla (1453), y los tradujo del griego Marsilio Ficino (1433-1495), con gran urgencia, por orden de Cosme de Médicis, que quiso dar preferencia a esa tarea sobre la traducción de Platón mismo. Desde entonces hasta bien entrado el siglo XVII los escritos herméticos ejercieron un poderoso atractivo sobre las mentes occidentales.

La razón del influjo que tuvo la tradición hermética es fácil de ver. En Trismegisto, la Iglesia cristiana tenía ahora una fuente de sabiduría que se remontaba (al menos así se creía) a tiempos anteriores a Platón, hasta la revelación original mosaica. Trismegisto fue considerado como el receptor de las revelaciones divinas acerca del mundo físico, igual que Moisés lo había sido respecto al mundo moral. Desde esta perspectiva los egipcios aparecían como custodios de la sabiduría profana, como los judíos lo fueron de la sabiduría sagrada. Hasta entonces (así se pensaba), los griegos, a través de Pitágoras y



Platón, habían sido la única fuente de acceso al saber egipcio, que Occidente sólo conocía por vía indirecta. Pero ahora, hacia fines del siglo XV, los tratados egipcios eran accesibles (o parecían serlo) en su forma original.

¿Cuál fue el mensaje de los escritos herméticos? Entre otras cosas enseñaban que el sol era el centro del universo, y la tierra giraba en torno a él; que la luz era la fuente de la vida, y el sol un símbolo de la divinidad. Los tratados herméticos incluían también algunos postulados pitagóricos que insistían en la armonía matemática del cosmos. Los secretos del cosmos fueron escritos por Dios en un lenguaje matemático que podía escucharse, por ejemplo, en las armonías musicales.

Los escritos herméticos dieron pie para una visión del cosmos que tuvo consecuencias para la ciencia y el método científico. El cosmos era un mundo lleno de poderes mágicos, cuyos secretos se descubrían a muy contadas personas que estuvieran dispuestas a mirar más allá de las apariencias fenoménicas. El estudioso de la naturaleza era un asceta, entregado a la indagación de lo oculto en el seno de una comunidad esotérica. Las palabras clave de semejante actitud fueron «misticismo», «misterio» y «secreto». Había, pues, gran contraste entre el «científico» hermético y el aristotélico.

En esta ilustración de *El Arte de la Memoria* (1583), de Guido Bruno —que es un buen ejemplo de cómo discurría la tradición mágica—, vemos que la luz que mana del «centro del universo» está conectada de manera misteriosa con el alfabeto hebreo (por ejemplo, la cábala) y los números (el misticismo de los números), pues su autor creía que la mente humana «reflejaba» un universo ordenado mágicamente y que el mago era el que hacía de lazo de unión con sus poderes ocultos.

Gracias al trabajo del insigne investigador clásico Isaac Casaubon (1559-1614), que fechó por vez primera y exactamente los escritos herméticos, sabemos ahora que tienen su origen en el siglo II después de Cristo. Pertenecen de hecho al movimiento místico y filosófico conocido con el nombre de neoplatonismo, fundado por Plotino (205-270) y continuado por Porfirio (232-303). El mismo Platón consideró «irreal» el mundo de la materia —la auténtica realidad se hallaba para él en el inmutable mundo de las formas—, y Plotino usó este principio como punto de partida para una filosofía donde el universo material era la última y más baja forma de ser. Por influencia del misticismo oriental, Plotino creyó que la fuente del ser era el Uno, de quien procedían una serie de emanaciones: la Vida, la Mente, el Alma y, finalmente, la Materia. Para el neoplatonismo, el alma humana era un espíritu encerrado o encarcelado en la materia; mientras para los aristotélicos proveía a la «materia» de su «forma». El alma neoplatónica se hallaba encarcelada en el mundo material; el alma aristotélica era un principio informador.

La última parte del siglo XV se caracterizó, como insinuábamos más arriba, por una reacción contra el racionalismo aristotélico y sus tecnicismos. Los escritos herméticos constituyen sólo una parte de la literatura que sufrió la influencia neoplatónica. Incluían la Cábala (literalmente «tradición») judía, que pretendía revelar los secretos ocultos del Antiguo Testamento mediante el uso de cifras. Entre esos «secretos» se hallaba la doctrina neoplatónica de la creación del mundo por medio de emanaciones del Ser Divino. En este ambiente, la figura de Pitágoras cobró una importancia nueva como prototipo del matemático que busca y encuentra combinaciones místicas de números. Las matemáticas, en esta nueva perspectiva, ofrecían la clave de un mundo de realidades inmutables, próximo —si no idéntico— a la Inteligencia Divina. El estudio de las matemáticas no era una actividad profana, sino análoga a la contemplación religiosa. Para los aristotélicos, en cambio, las matemáticas ocupaban un lugar modesto, en cuanto quehacer intelectual ajeno a cualquier connotación religiosa.

Si el neoplatonismo hubiese sido obsesión de un corto número de

En las páginas siguientes. Dos ilustraciones de la *Utopía,* de Tomás Moro (1515-1516). No era en sentido alguno un tratado científico; pero su vida de Pico della Mirandola (1510) lo relaciona significativamente al neoplatonismo del Renacimiento. Esta obra puede examinarse a la luz de este trasfondo intelectual,

pensadores excéntricos, apenas habría merecido que se tratara de su importancia en un libro acerca de la revolución científica. Pero, de hecho, la visión neoplatónica causó gran impacto en el mundo intelectual del siglo XVI, según puede observarse en la *Utopía,* de Moro, en la obra de Pico della Mirandola e, igualmente, en los escritos de Copérnico y de Kepler. En el siglo XVII su influencia alcanzó a los platónicos de Cambridge (hablando con rigor, a los neoplatónicos de Cambridge) y a su alumno más ilustre: Isaac Newton.

La teoría neoplatónica sobre la materia ofrecía una disyuntiva tentadora frente a la arraigada ortodoxia aristotélica de los cuatro elementos. Para el neoplatonismo, la materia era un vínculo unitivo con el mundo del espíritu. Los neoplatónicos sostenían que los reinos mineral y vegetal eran reflejos de realidades espirituales. El «microcosmos» de esta tierra se consideraba reflejo del «macrocosmos» de una realidad superior. La química gozó aquí de una reputación casi religiosa, que sirvió de estímulo emocional en la búsqueda de la novedad. Paracelso, por ejemplo, aplicó la tendencia neoplatónica a la teoría química, y la misma inclinación puede apreciarse en un sucesor suyo del siglo XVII: van Helmont.

A los hombres dotados de imaginación, el mensaje del neoplatonismo les ofreció un medio bajado del cielo para librarse de la actitud racionalista del aristotelismo académico. Y fue para el siglo XVI un equivalente del romanticismo. Tanto es así, que podríamos cometer peores equivocaciones que la de considerar *La tempestad*, de Shakespeare, como ejemplo de la atracción que ejercía la tradición hermética. Próspero fue el tipo ideal del científico hermético, que procura justicia y paz a un mundo agitado, actitud que no podía por menos de tener gran resonancia en un siglo desgarrado por la amargura religiosa.

La tradición mecanicista

La tradición mágica alcanzó su mayor influencia a fines del siglo XVI. Desde entonces se produjo una reacción contraria a ella basada en

aunque no sea ésta su única perspectiva interesante. El interés de esta ilustración de la izquierda radica más en lo que anticipa que en sí misma. Durante el siglo XVII John Wilkins, entre otros, acarició la idea de un lenguaje artificial que se viera libre de las cortapisas del diccionario ordinario tal como lo describió Bacon en el *Novum Organon*.

la visión mecanicista del mundo y divulgada a lo largo del siglo siguiente en las obras de Mersenne, Hobbes y Descartes.

Si queremos encontrar un origen al mecanicismo podemos considerar primeramente el substrato económico de este período. Resulta tentador establecer relaciones entre el uso creciente de la máquina en la sociedad del siglo XVI y las analogías mecánicas de que echaron mano Galileo y Mersenne. El historiador americano John U. Nef (1940) sostuvo que hubo una «revolución industrial» en Francia e Inglaterra durante el siglo XVI; y otros historiadores han señalado la importancia económica de Venecia y su influjo sobre la vecina universidad de Padua. Para un marxista esta tentadora analogía adquiere calidad de verdad evidente por sí misma, según la cual la visión mecanicista del universo refleja la economía mecánicamente avasallada de principios de la era moderna.

Sin embargo, merece tenerse en cuenta que la máquina no constituía un fenómeno nuevo en la Europa occidental, y que el tipo de máquinas con que el siglo XVI estuvo familiarizado no era revolucionario en su diseño o concepción. Las máquinas más características, tales como el molino de viento, el barco de vela y la bomba de viento, utilizaban una fuente de energía familiar desde hacía mucho tiempo al Occidente. La máquina más innovadora fue el cañón, un arma de guerra, que apenas puede considerarse de inspiración mecánica. En cierto sentido, la ballesta era con más derecho una máquina, pero su origen nos haría retroceder hasta el siglo XIII. Nicole Oresme (m. en 1382) empleó analogías científicas basadas en el reloj. En resumen, las analogías mecánicas fueron accesibles a los filósofos de la naturaleza mucho antes de finales del siglo XVI. Lo que necesita explicación es por qué Galileo y sus sucesores recurrieron a analogías mecánicas como particularmente apropiadas.

La respuesta parece hallarse en la revitalización de la ciencia de Arquímedes a lo largo del siglo XVI. Arquímedes (287-212 a. C.) fue el más grande matemático griego. Se vio cautivado por las analogías mecánicas, por ejemplo en su análisis de la palanca; aunque las máquinas concebidas por él estaban destinadas a ornamento y curiosidad, no al uso práctico. Para algunos científicos del siglo XVI,

VTOPIENSIVM ALPHABETVM.

a b c d e f g h i k l m n o p q r s t v x y.

Tetraſtichon vernacula Vtopienſium lingua.

Vtopos ha Boccas peu la

chama polta chamaan

Bargol he maglomi baccan

ſoma gymno ſophaon

Agrama gymnoſophon labarembacha

bodamilomin

Voluala barchin heman la

lauoluola dramme pagloni.

Horum verſuum ad verbum hæc est ſententia.

Vtopus me dux ex non inſula fecit inſulam
Vna ego terrarum omnium abſq; philoſophia
Ciuitatem philoſophicam expreſſi mortalibus
Libẽter impartio mea, nõ grauatim accipio meliora.

VTOPIAE INSVLAE FIGVRA



Los comienzos de la tradición mecanicista en medicina. Una mano artificial movida mecánicamente, tomada de Ambroise Paré (1510-1590), *Instrumenta Chyrurigiae et icones anatomicae* (1569). Paré fue un escritor prolífico sobre temas quirúrgicos.

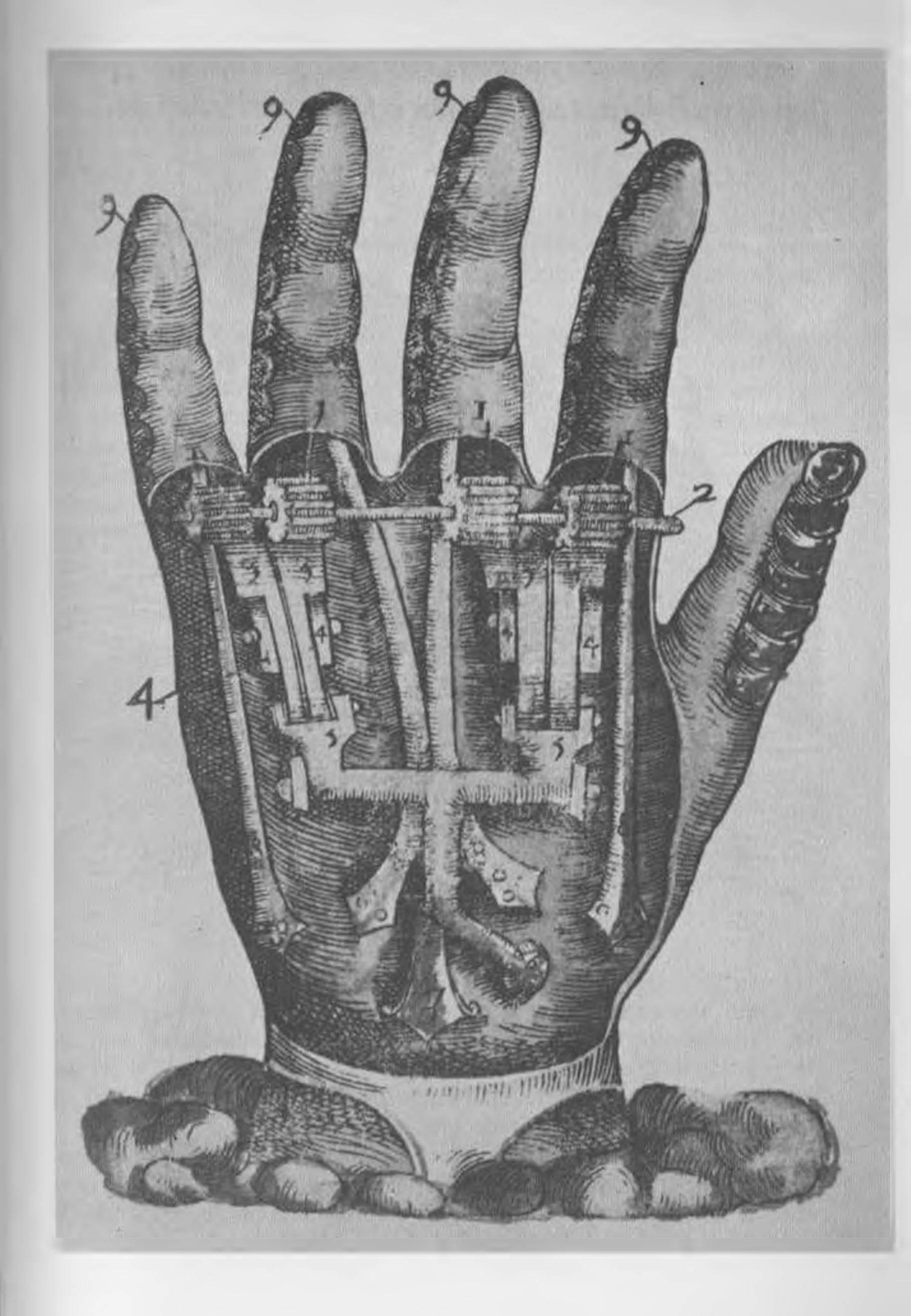
las obras de Arquímedes contenían información sobre un aspecto del pensamiento griego que no era ni aristotélico ni platónico.

Mediaba una enorme distancia entre la actitud de la tradición mágica y la objetiva curiosidad intelectual de Arquímedes. En la tradición del sabio griego se hallan alistados los ingenieros mecánicos. No era una tradición esotérica, ni estaba obsesionada por las cosas ocultas, ni iba en busca de armonías matemáticas de significación religiosa. Todo esto constituyó una novedad en el siglo XVI, aunque las obras de Arquímedes fueran ya conocidas en ejemplares manuscritos y en versión latina a un corto número de estudiosos medievales. No obstante, la aparición de una edición impresa a mediados del siglo XVI señala el momento decisivo.

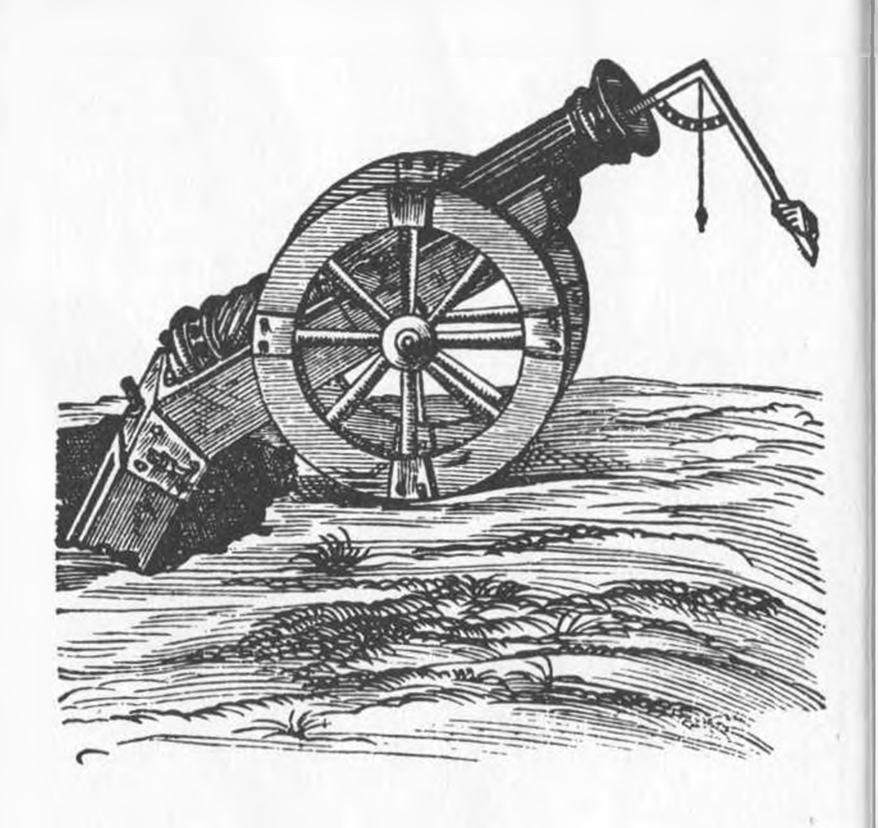
El más destacado seguidor de Arquímedes a comienzos del siglo XVI fue Nicolás Tartaglia (1499-1557), que publicó la primera edición latina de sus obras en 1543, seguida luego por otra versión, la de Commandino, que vio la luz pública en 1575. Tartaglia se interesó por problemas de alcance práctico, tales como la trayectoria de los proyectiles, un problema con implicaciones demoledoras para la física aristotélica, aun cuando Tartaglia mismo no las suscitara. Pero se interesó especialmente en los principios de las máquinas, interés que se continuó hasta los días de Galileo por obra del *Liber Mechanicorum* (1577), de Guidobaldo, matemático y protector de Galileo.

La atención prestada a Arquímedes desde Tartaglia a Galileo y más allá puso la base de un planteamiento matemático en que el mundo era susceptible de medición y análisis. En esta tradición los números carecían del atractivo místico que tuvieron para los platónicos y neoplatónicos.

Si el mecanismo fue una reacción contra la corriente mágica, lo fue igualmente contra la tendencia organicista. Era imposible considerar el universo como máquina y dejar intactas las suposiciones aristotélicas acerca de la naturaleza de Dios, la revelación cristiana, los milagros y el sitio reservado a la finalidad en el mundo. El presupuesto mecanicista fue que el universo se gobernaba por fuerzas mecánicas;


9
9
9
9
2
4

L'altro diſſe che molto piu tiraria a dui ponti piu baſſo di tal ſquara (laquale era diuiſa in. 12.parte) come di ſotto appare in diſegno.



y, como Mersenne afirmó explícitamente, Dios era el Gran Ingeniero. En estas condiciones, la tarea del científico consistía en estudiar la relación mutua que existe entre las distintas partes del universo, en el supuesto de que deberían hallarse ajustadas unas con otras de modo parecido a las piezas de una máquina.

Tales fueron, pues, a grandes rasgos, las tres tradiciones intelectuales más importantes para el estudio de la revolución científica; cada una de ellas con sus propios presupuestos acerca de Dios, de la naturaleza y del método científico. Inevitablemente, el cuadro queda

El ingeniero italiano Niccolo Tartaglia (m. 1557) fue uno de los precursores de la tradición mecanicista en la ciencia durante el siglo XVI. Este dibujo muestra la aplicación del análisis geométrico a los proyectiles artilleros.

muy simplificado. Hubo diferencias de matiz dentro de cada tradición y se produjeron variaciones en el decurso del tiempo. No obstante, si contemplamos la historia de la ciencia en el marco general de las tres tradiciones nos libraremos de los peligros de la interpretación whig de la historia científica. Nos hallamos ahora mejor dispuestos a pensar en el contexto de varios métodos científicos que en el de uno solo. Y no haremos tanto hincapié en los presupuestos racionales. De hecho, juzgada por criterios racionales, la tradición mágica aparece como la menos racional de las tres; sin embargo, juzgada por su contribución a la revolución científica, quizá encontremos que fue la más importante.

2 Estilos, lenguajes y experimentos científicos

Desde otro punto de vista, esas tradiciones aparecen como fuentes de construcciones ideales o, lo que resulta ser igual, como gramáticas de lenguajes específicos. Dentro de cada tradición la naturaleza fue interpretada de acuerdo con patrones y conceptos peculiares. No hubo un solo paradigma «científico» al que se conformara la totalidad de la física de Occidente. Hubo varios esquemas o tradiciones que abrieron el camino por donde el hombre miró hacia el universo, reflexionó y habló sobre él; y cada uno de ellos fue posible fuente de intuiciones. Los intérpretes whig de la historia adoptaron la tradición mecanicista como la tradición científica; ahora bien, proceder así es reducir a caricatura un cuadro muy complejo. La ciencia moderna es fruto de un diálogo sostenido en varios lenguajes en mutua competencia. No me refiero a lenguajes en el sentido estricto de vocabularios de trabajo, sino en el sentido mucho más amplio de toda una actitud mental. El lenguaje proporcionó los «ojos» por los que mirar a la naturaleza, y fue fuente de todos los conceptos y analogías que se consideraron como más apropiados para la exploración de la misma.

Otra característica del estilo científico puede verse en la elección por los investigadores de ciertos experimentos como especialmente instructivos. Se afirma comúnmente que una de las notas propias de la revolución científica fue el nacimiento del método experimental. Esto es verdad, pero demasiado simplista. El experimento por el experimento tiende a carecer de sentido; para que tenga utilidad debe realizarse sobre el supuesto de una hipótesis general. Por esta razón, es instructivo considerar qué experimentos, o qué tipos de experimentos, fueron tenidos como alentadores e importantes en el marco de una tradición particular.

Los lenguajes científicos

Si fijamos la atención primeramente en el lenguaje de la ciencia aristotélica, parece claro que, en última instancia, procedía de los conceptos metafísicos de Aristóteles acerca de la estructura del uni-

verso. Los aristotélicos aplicaban al mundo de la naturaleza un lenguaje metafísico hecho de términos tales como «sustancia» y «accidente», «materia» y «forma», «esencia» y «existencia». Este lenguaje era enseñado durante el siglo XVII en las universidades a través de manuales, entre los que *Idea Philosophiae*, de Franz Burgersdyck, puede servir de ejemplo típico. Burgersdyck, que fue profesor en Leyden por los años 1620 y 1630, escribió algunos libros de texto, reeditados todos ellos muchas veces a lo largo del siglo. Al hablar de física usaba la definición aristotélica del movimiento (paso de la potencia al acto) y remitía a sus lectores al libro III de la *Physica*, de Aristóteles. Al estudiar el mundo sideral se planteaba la cuestión de si era o no corruptible, y daba referencias de la *Physica* y *Metaphysica*, de Aristóteles, así como de los manuales de los jesuitas contemporáneos. Pero acaso lo más característico sea que Burgersdyck consideraba la argumentación formal (la «disputatio») como el instrumento más adecuado para el estudio de la física. Tal era el lenguaje de las universidades, lo mismo católicas que protestantes.

Lo que era verdad del Leyden protestante, lo era también de la católica Bolonia. El estudiante de Bolonia, aun cuando se orientara hacia la medicina, comenzaba invariablemente por la lógica, física y metafísica de Aristóteles; y luego, siguiendo una progresión natural, cogía entre sus manos los tratados científicos del mismo autor, sobre todo la *Meteorologia*, la *Generatio et Corruptio* y la *Historia Animalium;* todo esto antes de entregarse al estudio de Galeno y Avicena. Un profesor podía alternar, de la manera más natural, entre la enseñanza de la filosofía y la de la medicina. No existia ninguna distinción clara, como existe en nuestros días, entre medicina y metafísica. En 1661 todos los candidatos al doctorado en Bolonia tenían que jurar fidelidad a Aristóteles, lo mismo que a Galeno e Hipócrates.

Todavía a mediados del siglo XVII el aristotelismo era el lenguaje científico dominante. De hecho, como dijimos más arriba, se había producido una notable restauración del escolasticismo, cuya significación es aún subestimada. Fue precisamente la fuerza del aristotelismo la que encendió el fervor misionero de quienes lanzaban la proclama

Esta ilustración está tomada del *Theatrum Chemicum Britannicum*, de Elias Ashmole. Las cuatro figuras son las grandes luminarias de la tradición alquimista, con Hermes Trismegisto entre ellos. El mismo Ashmole (1617-1692), matemático, alquimista, astrólogo y editor de John Dee, fue una sobresaliente figura en la tradición mágica.



Instrumento matemático inglés de principios del siglo XVII de unos 440 milímetros de diámetro. A William Oughtred (1575-1660) se le ocurrió dibujar escalas logarítmicas concéntricas sobre una superficie circular con indicador rotatorio. John Aubrey describió a Oughtred como un astrólogo «muy afortunado al emitir juicios sobre nacimientos» y como químico que «no dudaba en que hallaría la piedra filosofal». Pertenece claramente a la tradición mágica.

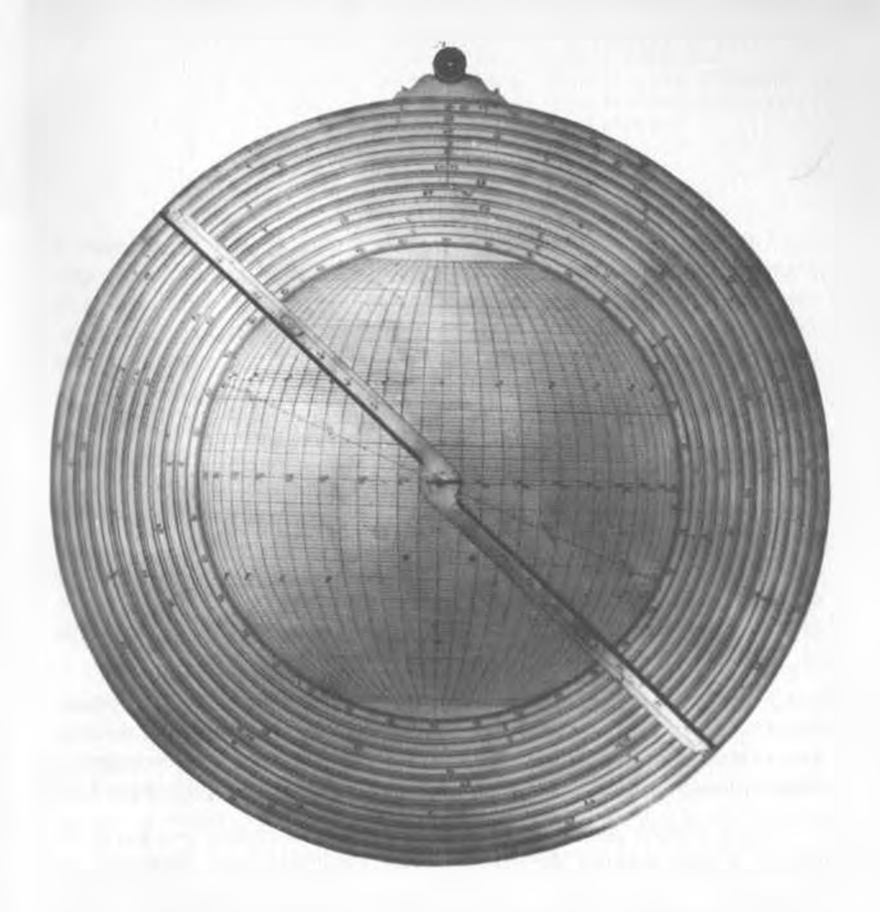
de su propio lenguaje antagónico. No faltó pasión por ambos lados. Más que un debate científico de acuerdo con los cánones de la disputa sobria y objetiva, fue una guerra de palabras y una batalla de libros.

Durante el siglo XVI el principal lenguaje científico que ofrecía una alternativa frente al aristotelismo fue el lenguaje de la magia y la alquimia; o más bien los lenguajes, puesto que la alquimia era una torre de Babel ocupada por una barahúnda de magos en conflicto. La alquimia no estudiaba sólo un tema, pero acaso no fuera muy equivocado considerar la búsqueda de la piedra filosofal —que convertiría en oro los metales humildes— como patrón arquetípico de la actividad desplegada en torno a la alquimia. Buena parte del lenguaje utilizado suena a fantástico para oídos modernos, pero fue un intento de imponer algún orden y someter a control la abrumadora exuberancia de la naturaleza.

Casi todos los alquimistas se ocuparon en tareas equivalentes en cierto sentido a la química moderna. Preparaban sustancias haciendo uso de diversos métodos —la destilación, por ejemplo— con la esperanza de alumbrar una fuente de virtud milagrosa. Pero si se descubría algo, la probabilidad de que se transmitiera a una segunda generación quedaba disminuida por la importancia que daban al secreto.

El problema fundamental para los alquimistas era determinar los criterios para establecer las diferencias entre una sustancia y otra. De modo casi inevitable se veían inclinados a depender de diferencias cualitativas. Miraban el color como algo particularmente importante para dar una pista sobre las propiedades fundamentales de la sustancia. El color negro se asociaba a la muerte y el verde a la abundancia en frutos.

Del mismo modo el gusto era utilizado para diferenciar las sustancias. Azúcar de plomo era el nombre que daban a lo que hoy llamamos acetato de plomo. El nombre místico «vitriol» (*visita interiora terrae rectificando invenies occultum lapidem;* es decir, visita el interior de la tierra y obrando rectamente hallarás la piedra escondida) servía para describir sustancias que fuesen brillantes y cris-



talinas. A otras sustancias se les daban nombres tomados de sus primeros descubridores. Por ejemplo, el espíritu nítrico de Glauber recibió su nombre de J. R. Glauber, químico alemán (1604-1670).

Siete metales fueron relacionados con el sol, la luna y los cinco planetas entonces conocidos. El plomo, por ejemplo, tenía analogías con Saturno, el de movimiento más lento y, por ello, probablemente el más pesado de los planetas. Tales asociaciones, junto con los conceptos de ácido, álcali, sal y «espíritu» fueron otra fuente de nomenclatura. Términos como «espíritu de Venus» o «sal de Saturno» se usaban aún corrientemente en el siglo XVIII. Otros, como «salamoníaco», subsistieron hasta el siglo XX.

Tales nombres, muchos de los cuales parecen sólo pintorescos a nuestro modo de ver, eran creados para dar un indicio del carácter químico de la sustancia en cuestión. El mayor problema consistía en la falta de un elemento unificador en el lenguaje empleado. Mas no debemos confundir la desunión con el caos. Acaso algunos estudios históricos de hoy, con su mezcla de investigación formal e informal, puedan ofrecer una buena analogía moderna del mundo de la alquimia en los siglos XVI y XVII.

Hubo en el siglo XVII intelectuales conscientes de la dificultad que planteaba la carencia de un lenguaje científico apropiado. Destaca entre ellos Francis Bacon.

En su *Novum Organum* distinguía Bacon cuatro obstáculos para el logro de la verdad: los «ídolos» o prejuicios de la tribu, de la caverna, del mercado y del teatro. De todos ellos, el que originaba el lenguaje era el «ídolo» del foro:

> Los ídolos impuestos por las palabras al entendimiento son de dos clases. O son nombres de cosas que no existen realmente... o son nombres de cosas que existen, pero aún confusas y mal definidas, y tomados precipitada e irregularmente de las realidades. (*Novum Organum*, parte II, aforismo LX.)

Bacon intentó crear un nuevo lenguaje para la ciencia y, a partir de él, un nuevo sistema de clasificación. Describió, por ejemplo, las «instancias prerrogativas» u observaciones clave, enumerando hasta veintisiete en total. La más conocida de ellas es la «instancia del señalizador» (originalmente «instantia crucis», o instancia del cruce), por la que un solo experimento podía utilizarse para decidir entre hipótesis contradictorias. Bacon empleó también el término «forma» en el sentido de ley (por ejemplo, en lo que respecta a las leyes de la luz o del calor).

El esfuerzo de Bacon por introducir un vocabulario nuevo fue tomado en serio por la Royal Society, pero de hecho no se tuvieron en cuenta sus propuestas concretas. En 1666, Robert Boyle se mostró muy deferente hacia las divisiones baconianas de la historia natural; sin embargo, acto seguido, trató insistentemente de suplantarlas por las suyas:

En la página siguiente. Un grabado moralista en donde los seguidores entusiastas de la alquimia aparecen como olvidados del mundo real. Pieter Breughel el Viejo está caricaturizando la alquimia, como Swift caricaturizaría más tarde a la Royal Society en el Libro III de sus *Viajes de Gulliver*

No censuro la división verulamiana, y mucho menos pretendo ofrecer otra más perfecta; sin embargo, me aventuraré a proponer otra que me parece más conveniente a la inmensidad y a la variedad de los particulares que dicen relación a la historia natural

El más famoso libro de Boyle, *The Sceptical Chemist*, era un ataque al lenguaje usado por los aristotélicos y los alquimistas; particularmente duro contra los últimos por su «oscuro, ambiguo y casi enigmático modo de expresar lo que tienen que enseñar».

Pero el lenguaje que más auge cobró durante el siglo XVII fue un lenguaje no tenido en cuenta por Bacon: el matemático. Por su misma naturaleza, el uso de este lenguaje estaba restringido a un reducido número de personas, aunque el número fue en aumento a lo largo del siglo XVII.

El progreso técnico de las matemáticas, tal como se llevó a cabo por obra de los franceses Fermat, Pascal y Descartes, fue análogo al proceso por el que un lenguaje adquiere una estructura más elaborada y mayor flexibilidad expresiva, por donde se vuelve capaz de describir modificaciones del sentimiento y la sensibilidad que anteriormente se hallaban por completo fuera del alcance de sus posibilidades.

Este auge de las matemáticas fue comparable a la desbordante animación que se produjo en la lógica durante el renacimiento del siglo XII, cuando, gracias a Pedro Abelardo y sus sucesores, la lógica fue el nuevo lenguaje intelectual que podía aplicarse a todos los campos de la experiencia. Un desarrollo similar se produjo durante el siglo XVII en el campo de las matemáticas, con Descartes desempeñando ahora el papel de Abelardo. Las matemáticas ejercieron una atracción irresistible sobre casi todos los cerebros originales del siglo XVII. Era un lenguaje que combinaba la belleza y claridad de manera sin par, y, lo que es más, parecía ofrecer las claves del universo. Los hombres que aprendieron este lenguaje, que explicaron sus virtualidades y que presionaron para implantarlo procedían en su mayor parte de las filas de los mecanicistas.

Es difícil exagerar la importancia de las matemáticas dentro de la


H COCK EXCUD CVM PRIVILEGIO:
DEBENT IGNARI RES FERRE ET POST OPERARI
IVS LAPIDIS CARI VILIS SED DENIQ3 RARI
VNICA RES CERTA VILIS SED VBIQ3 REPERTA
QVATVOR INSERTA NATVRIS IN NVBE REFERTA
NVLLA MINERALIS RES EST VBI PRINCIPALIS
SED TALIS QVALIS REPERITVR VBIQ3 LOCALIS

tradición mecanicista. Los progresos hechos en las matemáticas, que culminaron en el cálculo diferencial descubierto por Newton y Leibniz, hicieron posible un nuevo refinamiento intelectual que sobrepasó todas las otras formas del razonamiento humano. Las nuevas matemáticas abrieron horizontes nuevos a la mecánica, balística y astronomía, y sus grandes éxitos en estos campos implicaron que el universo de la naturaleza se hallaba construido según un patrón matemático. Por esta causa, tanto como por cualquiera otra, el mecanicismo se impuso hacia finales del siglo XVII.

El estilo en los experimentos

En la tradición organicista, el tratado de Harvey sobre la circulación de la sangre (1628) ofrece un punto de partida adecuado. Harvey describió un experimento hecho por Galeno con el que intentó mostrar que las arterias se ven obligadas a vibrar como fuelles y por eso realizan una acción de bombeo; si bien dicho autor rechazó las conclusiones de Galeno. Harvey aludió también a otro experimento de Galeno llevado a cabo en la tráquea de un perro vivo. Y en base a estos y otros experimentos, concluyó que la causa de la «perturbación» de las arterias estaba en el corazón. Las arterias se dilataban porque se inflaban como vejigas, no porque se ensanchaban y contraían como fuelles. Para probar esto, Harvey realizó experimentos sobre peces, ranas, palomas y serpientes, y dijo haber practicado experimentos en el corazón, que Galeno y Vesalio habían recomendado, pero no llevaron a cabo por sí mismos. Por lo menos, un experimento lo practicó sobre el cuerpo de un hombre recién ahorcado.

El uso de métodos cuantitativos por Harvey fue también importante. Dado el tamaño del corazón, Harvey calculó cuánta sangre podía transferir a las arterias en un tiempo fijo, y avaló sus hipótesis con experimentos que incluían la observación del movimiento circulatorio más lento en los peces y reptiles. Es decir, que la práctica de experimentos ingeniosos y precisos no pertenecía en exclusiva a Bacon o a la Royal Society.

Otra forma de investigar, dentro de la tradición aristotélica, se basaba en la observación atenta y laboriosa de la naturaleza. Marcello Malpighi (1628-1694), profesor durante gran parte de su vida en la Universidad de Bolonia, podría servirnos ahora de ejemplo. La obra clásica de Malpighi se refiere al campo de la embriología, donde examinó el desarrollo del embrión del pollo. El estudio del embrión suscitó problemas que no podían resolverse en un marco estrictamente mecanicista y que no fueron planteados por los entusiastas de la alquimia; por eso este tipo de estudio se originó más naturalmente dentro de la tradición aristotélica que en cualquiera de las otras dos tradiciones científicas.

La diferencia que existe entre los puntos de vista aristotélico y mecanicista podría ilustrarse con un simple contraste entre Malpighi y el mecanicista Borelli (1608-1679), un producto de la tradición de Galileo y Torricelli en Florencia, que publicó un estudio de anatomía en donde se echaba mano de analogías mecánicas para explicar el movimiento de los miembros. Cuando joven, Malpighi sufrió el influjo de Borelli, pero luego reaccionó contra él y eligió la embriología como campo de su investigación. En este dominio embriológico, la noción cartesiana de la máquina le pareció a Malpighi que tenía poca importancia. El lenguaje aristotélico se le antojaba más apropiado, puesto que el desarrollo de un embrión implicaba algún tipo de causalidad final.

En la tradición alquimista el método experimental tuvo igualmente su propio sabor distintivo. El estudioso de la alquimia intentaba descubrir un metal de naturaleza pobre que, mediante la aplicación de la piedra filosofal, pudiera transformarse en oro. Lo que llevaba consigo un amplio uso del fuego y del horno como instrumentos de trabajo.

El modo o estilo alquimista en el experimento cobra particular fuerza en la obra de van Helmont (1577-1644). Helmont no se cansaba de urgir a sus lectores a que sometieran a prueba las afirmaciones autorizadas de otros «en la piedra de toque del experimento». Mas el tipo de experimentos en que pensaba dependía de

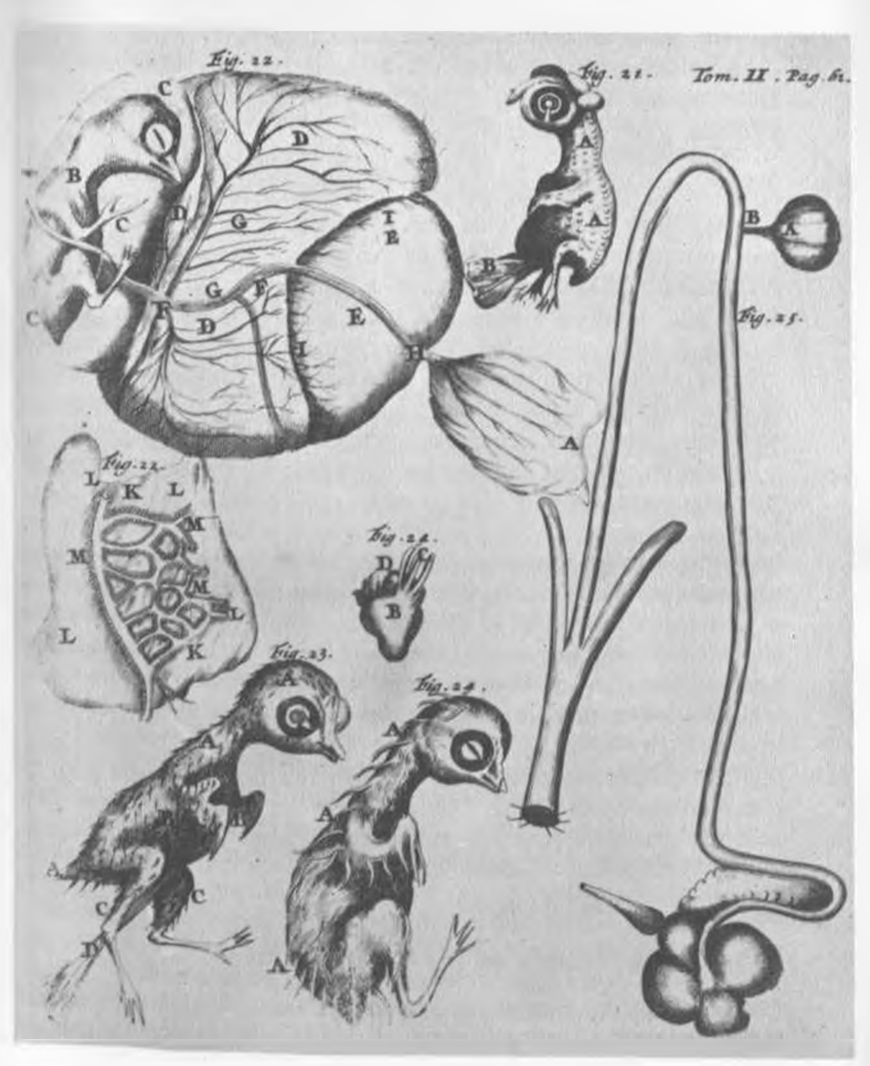
supuestos metafísicos acerca de la naturaleza del universo. Al rechazar la creencia aristotélica en cuatro elementos básicos —tierra, aire, fuego y agua—, Helmont se inclinó a creer que el primer constitutivo de la materia es el agua. Y lo demostró con su famoso experimento del árbol:

Tomé una vasija de arcilla, en la que puse 200 libras de tierra secada previamente en un horno, la mojé con agua de lluvia y planté dentro una rama de sauce que pesaba cinco libras; y, transcurridos cinco años, el árbol que brotó de allí pesaba 169 libras y unas tres onzas. Yo no hice sino regar la vasija de arcilla con agua de lluvia o agua destilada (siempre que fue preciso) y creció y lo planté en la tierra; y para que el polvo de alrededor no se mezclase con la tierra, cubrí el borde y la boca de la vasija... No computé el peso de las hojas desprendidas en los cuatro otoños. Por último, sequé de nuevo la tierra de la vasija, y dio como peso las mismas 200 libras, menos unas dos onzas. Consiguientemente, las 164 libras de madera, corteza y raíces procedían del agua sola [3].

Helmont creyó también que un proceso tan natural como la fermentación ofrecía mejores indicios del funcionamiento de la naturaleza que los suministrados por las analogías mecánicas. Lo que le llevó a desarrollar las técnicas de la destilación hasta un punto que nunca alcanzaron en las dos tradiciones rivales. Helmont practicó este tipo de experimentos meticulosamente; tanto es así que mereció grandes elogios de Robert Boyle.

Helmont llevó también a cabo experimentos con gases como consecuencia de su repulsa de la doctrina aristotélica sobre el aire. Hasta entonces, todas las formas de los que hoy consideramos como fenómenos de los gases eran explicadas en el contexto de uno de los cuatro elementos: el aire. Helmont fue capaz de probar experimentalmente que había distintas formas de aire, que él llamó «gases». Este interés por los experimentos, a menudo peligrosos, con gases se apoyaba en ciertas suposiciones de Helmont acerca del universo. Para él, el «gas» recibió este nombre del término griego «caos».

Valiéndose del cristal de aumento, Marcello Malpighi (1628-1694) perfeccionó mucho los estudios aristotélicos sobre el embrión del pollo. Estos ensayos eran exclusivamente «científicos», en comparación con los de Vesalio (véanse páginas 82-3), en que se combina el aspecto científico y el estético.



No era, pues, un término neutral como para nosotros, sino cargado de resonancias sobre la estructura del universo. Los experimentos de Helmont, tan admirables, fueron parte de su estilo general de pensamiento y de lenguaje.

Otro experimentador de la tradición alquimista fue Robert Plot (1640-1697), profesor de química en Oxford y miembro de la Royal Society. Entre los papeles de Plot hay copia de un contrato que hizo para investigar la posibilidad de hallar una panacea universal. El documento hace referencia explícita a los filósofos herméticos, incluidos Basilio Valentín y Paracelso, y sin duda tiene en cuenta experimentos llevados a cabo en el laboratorio de Plot. Era indispensable guardar secreto riguroso, y las personas que firmaban el contrato se comprometían a «no divulgar nunca, ni directa ni indirectamente, nada relacionado con el proceso, a ninguna persona, sin conocimiento y consentimiento del autor». La finalidad de los experimentos se proponía como sigue:

> Lo que el autor se compromete a realizar por su cuenta es esto: primero, intentará demostrar, y no sólo de modo nocional, sino por vía de hecho, cuál es el verdadero objetivo de los filósofos herméticos... cuál la verdadera clave que descubra todos sus secretos y por cuyo medio sus jeroglíficos escogidos sean manifiestos, sus emblemas desenmascarados, sus oscuros acertijos y parábolas filosóficas patentes, y sus más ocultos misterios descubiertos... [4].

Este documento prueba que la tradición mágica estaba lejos de haber desaparecido a fines del siglo XVII. Su principal interés para nosotros consiste en que nos demuestra hasta qué punto la búsqueda de un elixir mágico dictaba un estilo o modo particular de experimento.

El estilo mecanicista en los experimentos

La tónica del experimento en la tradición mecanicista la fijó Galileo mediante las pruebas que describe en sus *Diálogos* y *Discursos*.

Mientras un aristotélico como Harvey se ocupaba del comportamiento real de la sangre *hic et nunc*, Galileo se alejaba lo más posible de la «realidad» cotidiana, entreteniéndose en experimentos que sirvieran de modelo para un universo abstracto. Los aristotélicos consideraban las matemáticas como evasión de los problemas planteados por el mundo real en transformación constante; Galileo, en cambio, inventó un mundo matemático donde la velocidad, el tiempo y la distancia eran los únicos temas de estudio.

Podemos verlo en un relato que él mismo hace de cierto experimento con un plano inclinado:

La petición que tú, como hombre de ciencia, me haces es muy razonable; porque [dicho experimento] es habitual precisamente en aquellas ciencias que aplican las demostraciones matemáticas al estudio de los fenómenos naturales, como es obvio en el caso de la perspectiva, astronomía, mecánica, música y otras donde los principios, una vez establecidos mediante experimentos bien seleccionados, se convierten en base de toda la superestructura. Espero, por ello, que no te parezca pérdida de tiempo si discutimos con calma esta primera y fundamentalísima cuestión. He tratado de cerciorarme [sobre] la aceleración que experimentan los cuerpos al caer, de la siguiente manera.

Tomé una pieza de madera tipo moldura o escantillón, de unos 12 codos de largo, medio de ancho y tres dedos de espesor; sobre su canto practiqué una hendidura con algo más de un dedo de ancho; con la precaución de que el canal fuera muy recto, liso y pulido, y cuidando de revestirlo con pergamino liso también y lo más bruñido posible, hice rodar por él una bola de bronce pesada, lisa y muy redonda. Habiendo colocado la tabla en una posición inclinada, elevando uno o dos codos un extremo más que el otro, hice rodar la bola a lo largo del canal, anotando del modo que voy a exponer los tiempos requeridos para verificar el descenso.

Repetí el experimento para medir el tiempo con tal precisión que la diferencia entre dos observaciones nunca excedió de un décimo de pulsación. Realizada esta operación y habiéndome asegurado de que podía dársele crédito, hice rodar la bola solamente una cuarta parte de la longitud del canal; y, medido el tiempo del descenso, lo hallé exactamente la mitad del anterior.

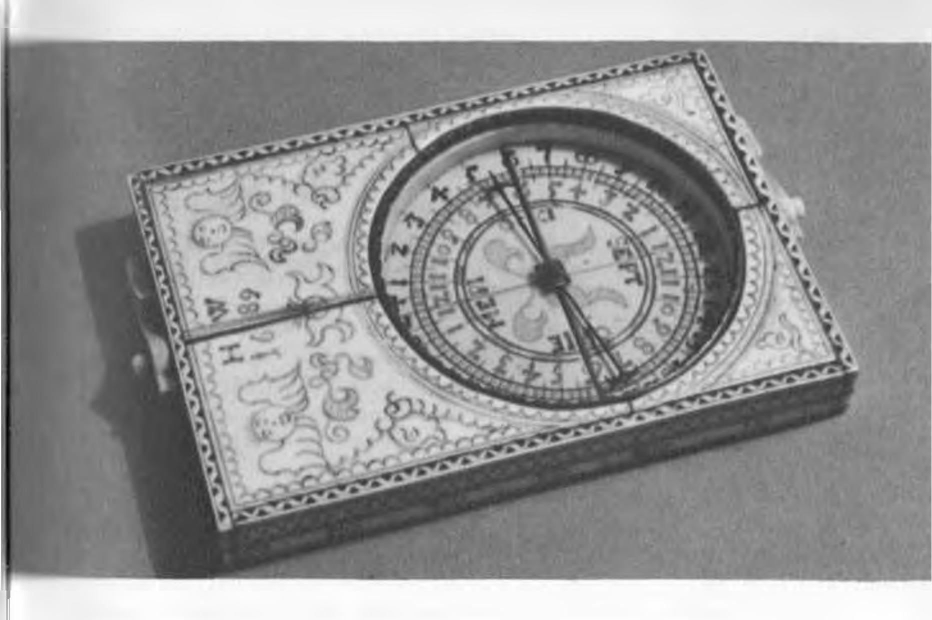
Una brújula alemana de minero, con sus accesorios de madera y marfil dentro de su caja original de madera, de 157 × 136 milímetros. La caja lleva un gancho en los extremos a fin de que pueda colgarse en una cuerda. La brújula está fechada en 1689, y la escala circular en 1690. La lámina impresa que va en la parte inferior de la tapa de la caja lleva un almanaque perpetuo basado en el Número de Oro y una tabla astrológica.

Luego probé otras distancias, comparando el tiempo invertido en recorrer la longitud entera con el invertido en su mitad, o en sus dos tercios, o en sus tres cuartos, y así en cualquier fracción; en tales experimentos, repetidos un centenar de veces, siempre encontré que los espacios recorridos eran proporcionales a los cuadrados de los tiempos; y esto era válido para todas las inclinaciones del plano, es decir, del canal a lo largo del cual hice rodar la bola. Observé también que los tiempos de bajada guardaban entre sí aquella relación que, como veremos más adelante, el autor les había señalado y fijado con anterioridad a la prueba.

Para la medida del tiempo utilicé un gran recipiente de agua colocado en posición elevada; a la base de este recipiente se hallaba soldado un tubo de pequeño diámetro que permitía el paso de un débil chorro de agua, la cual recogía en un vaso de vidrio durante el tiempo del descenso, ya recorriese el canal entero, ya parte nada más de su longitud; el agua así recogida la pesaba con gran cuidado, después de cada descenso, en una balanza de precisión; las diferencias y relaciones de los pesos me daban las diferencias y relaciones de los tiempos; y esto con tal exactitud que, pese a repetir gran número de veces la operación, no hubo discrepancia apreciable en los resultados [5].

Acerca de este experimento merecen notarse algunos puntos. En primer término, que se repitió un centenar de veces. Luego, que se tuvo gran cuidado de lograr la medición exacta. Por fin, que las circunstancias ajenas al experimento, tales como la fricción, se redujeron al mínimo. En las condiciones de su tiempo esto era lo más que Galileo podía obtener con miras a la creación de un entorno artificial que permitiera medir los factores «esenciales».

La finalidad de este experimento fue esclarecer el problema de la aceleración aumentada en la caída de los cuerpos. En el mismo tratado Galileo probaba también que «si un cuerpo se desliza libremente a lo largo de un plano inclinado liso, cualquiera que sea el ángulo, si la altura es igual, la velocidad con que llega al suelo es la misma»; y llegó hasta probar que «los espacios recorridos por un cuerpo que cae partiendo del estado de reposo, con un movimiento



uniformemente acelerado, guardan entre sí la misma relación que los cuadros de los tiempos invertidos en recorrer esas distancias». Esto significaba que la idea aristotélica ortodoxa, según la cual la velocidad era proporcional al peso, resultaba completamente falsa. La clave estaba en el cuadro del tiempo invertido.

Fue este análisis de la aceleración de un cuerpo que cae libremente partiendo del estado de reposo el que dio a Galileo el punto de partida desde donde analizar el movimiento de un proyectil. Consiguió probar que la velocidad adquirida al salir por la boca del arma permanecía constante. La aceleración sólo se da donde existe gravedad.

Otro experimento realizado a menudo por los mecanicistas del siglo XVIII fue descrito por Galileo en sus *Discursos:*

> Aristóteles dice que 'una bola de hierro de cien libras de peso que cae desde cien codos de altura llega al suelo antes que la bola de una libra caiga un codo'. Yo [el personaje Salviati] digo que llegan a la vez. Al hacer el experimento se observa que la mayor aventaja a la menor en dos dedos, es decir, que cuando la mayor ha llegado al suelo, a la menor le faltan dos

dedos... Aristóteles afirma que cuerpos de pesos diferentes, en el mismo medio, se desplazan... con velocidades proporcionales al peso respectivo... Si deseáis mantener la universalidad de la proposición habréis de probar que la misma relación de velocidad existe en el caso de todos los cuerpos pesados, y que una piedra de veinte libras se mueve con una rapidez diez veces mayor que otra de dos; pues bien, yo digo que esto es falso, y que si caen ambas desde una altura de cincuenta o cien codos, por ejemplo, llegan al suelo al mismo tiempo [6].

Este experimento no era original. Mil años antes, el estudioso bizantino Juan Filopón describía un procedimiento similar con estas palabras:

Porque si dejáis caer desde igual altura dos pesos, uno de los cuales es muchas veces más pesado que el otro, podréis comprobar que la razón de los tiempos invertidos en el movimiento no depende de la razón de los pesos, pues la diferencia de tiempo es muy pequeña. Y así, cuando la diferencia de peso no es considerable, por ejemplo si uno es el doble del otro, no hay diferencia en el tiempo o es imperceptible [7].

Un contemporáneo de Galileo, el matemático e ingeniero holandés Simón Stevin (1548-1620), describía el experimento con caracteres impresos en 1586:

La experiencia contraria a Aristóteles es la siguiente. Tomemos (como el muy erudito Jan Cornets de Groot, muy industrioso investigador de los secretos de la naturaleza, y yo mismo hemos hecho) dos esferas de plomo, una diez veces más grande y más pesada que la otra, y dejémoslas caer juntas desde una altura de 30 pies sobre una tabla o algo en donde puedan producir un sonido perceptible. Comprobaremos que la más ligera no tarda diez veces más en su recorrido que la más pesada, sino que caen juntas sobre la tabla, tan simultáneamente que los dos sonidos parecen proceder de un solo y mismo golpe [8].

Así, pues, el experimento de Galileo no era nuevo. Lo nuevo era que los experimentos constituían instancias decisivas en la batalla li-

Este diagrama, tomado de la obra de Galileo titulada *Discurso sobre las dos ciencias nuevas,* ilustra su método matemático por explicar la moción de la caída de los cuerpos. Hasta entonces se había creído que la velocidad de caída de un cuerpo estaba en relación o con su peso o con la distancia recorrida al caer. Galileo argumentó, primero matemáticamente y luego experimentalmente, que la velocidad de caída estaba relacionada con el cuadrado del tiempo utilizado. La distancia subsiguiente al movimiento acelerador se representa en este diagrama por el área de los triángulos ABC, AFI y APO, donde AC, AI y AO representan los tiempos. Las áreas de los triángulos están en razón de 1, 4 y 9, es decir, los cuadrados de los tiempos 1, 2 y 3.

Astrolabio planisférico flamenco de latón dorado, de 287 milímetros de diámetro, construido en 1565 por Regnerus Arsenius, sobrino de Gemma Frisius (1508-1555). Este tipo de instrumento se utilizaba para resolver problemas astronómicos sobre las posiciones del sol y las estrellas (por ejemplo, la luna y la hora de salida y puesta del sol). Tiene, además, una alidada para medir altitudes.

brada entre dos paradigmas: el organicista y el mecanicista. De ahí que se realizaran una y otra vez.

Sería engañoso, sin embargo, acentuar el papel del experimento en el método de Galileo a expensas de las matemáticas. La impresión que producen los *Discursos* es de un impresionante tratado matemático, basado ampliamente en Euclides, y donde la experimentación desempeña un papel muy modesto. Galileo estaba dispuesto a idear un experimento excluyendo todas las consideraciones, excepto el espacio, el tiempo y la distancia. Pero semejante experimento era tanto ilustración como observación. El verdadero significado de su obra fue la conclusión de que el universo estaba gobernado de acuerdo con las leyes de la mecánica.

Esto nos lleva a considerar otro punto acerca de Galileo y la tradición mecanicista. Los informes de sus experimentos publicados por Galileo tendían a ser de carácter polémico, porque el propósito suyo era destronar la tradición aristotélica en la física y la astronomía; por eso expresó sus puntos de vista en forma de controversia y no, como hizo Copérnico, en un tratado científico. Esta actitud influyó grandemente en la tradición mecanicista a lo largo del siglo. Los mecanicistas fijaron su atención sobre experimentos que ponían de manifiesto la debilidad de la tradición organicista, y el celo desplegado por ellos para socavar la ortodoxia dio a sus escritos cierto fervor misionero. Es justo decir, sin embargo, que para el siglo XIX el mecanicismo había adquirido también algunas características de la intolerancia propia de una ortodoxia.

La necesidad de minar la base de la física aristotélica explica igualmente el interés casi obsesivo de los mecanicistas por experimentos encaminados a demostrar la posibilidad del vacío. El vacío era una batalla tan decisiva entre las tradiciones organicista y mecanicista como podía serlo el comportamiento de los proyectiles. Para los aristotélicos, la creencia en el vacío era presupuesto de una filosofía que se colocaba al margen de la causalidad final en el universo y mantenía estrechas relaciones con el atomismo de Demócrito y Epicuro. Admitir la posibilidad del vacío equivalía a aceptar el atomismo como hipótesis válida. De ahí que los aristotélicos hicieran



todo lo posible por negar —o por demostrarla errónea— esa idea. (En esto fueron de la mano con los partidarios de Galeno, quien en sus escritos tomó por blanco de su ataque a los epicúreos: la creencia de éstos de que el cuerpo humano y sus órganos eran producto de la casualidad y no de una organización finalista.)

Un planteamiento conciso de la doctrina aristotélica sobre el vacío puede hallarse en los *Discursos*, de Galileo, cuando Simplicio, portavoz de la postura aristotélica, dice:

Aristóteles se enfrenta con la vieja idea de que el vacío es prerrequisito indispensable para el movimiento, de modo que éste no puede darse sin aquél. Contra esta opinión Aristóteles prueba que es justamente el fenómeno del movimiento el que hace insostenible la idea del vacío [9].

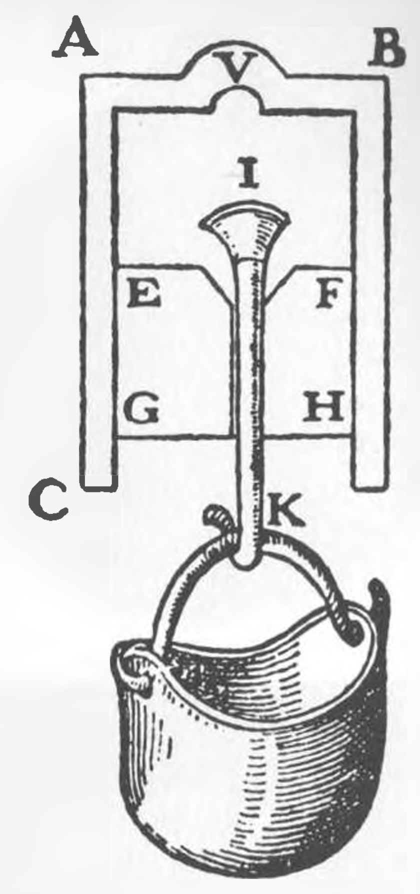
La importancia dada por los aristotélicos a la imposibilidad del vacío sirvió de estímulo a los mecanicistas para llevar a cabo un experimento que demostrara su posibilidad. Torricelli decía haber probado la existencia del vacío con un sencillo experimento que consistió en invertir un tubo lleno de mercurio en una jofaina también con mercurio. Y afirmaba que el espacio libre en la parte superior del tubo era un vacío. Este fenómeno lo conocieron los científicos del siglo XVI al usar tubos de agua; mas fue ahora cuando por vez primera se dedujo de aquel hecho semejante conclusión (es decir, que ahora se había demostrado en un contexto mecanicista).

El experimento de Torricelli —como el del plano inclinado de Galileo— logró buena parte de su resonancia por su condición de arma contra el aristotelismo, y tuvo un valor de símbolo a lo largo de casi todo el siglo XVII.

Los inventos

El papel desempeñado por los inventores en la revolución científica puede explicarse sobre la base de los estilos y lenguajes científicos.

Los inventos se multiplicaron no en virtud de un clima general de



Experimento de Galileo para probar la existencia del vacío. El vacío constituía una prueba para atacar el aristotelismo. Fue el equivalente del siglo XVII, en punto a debate, del «missing link» o tipo intermedio entre el hombre y el mono.

«invención», sino como algo perteneciente a la dinámica de las tradiciones particulares. No fue casual, por ejemplo, que mecanicistas como Galileo, Hooke y Huygens prestasen considerable atención al reloj, puesto que, dentro de la tradición mecanicista, tanto la medida exacta del tiempo como la importancia del reloj contaban mucho más que en las tradiciones rivales. Algo parecido cabe afirmar sobre la bomba neumática de Boyle, esencial para sus experimentos del vacío. En una tradición distinta, Tycho perfeccionó instrumentos capaces de determinar la posición exacta de los planetas en beneficio de su interés personal, que era el de establecer horóscopos. Y el invento de un horno perfeccionado, obra de Glauber, cae muy bien dentro de la tradición mágica.



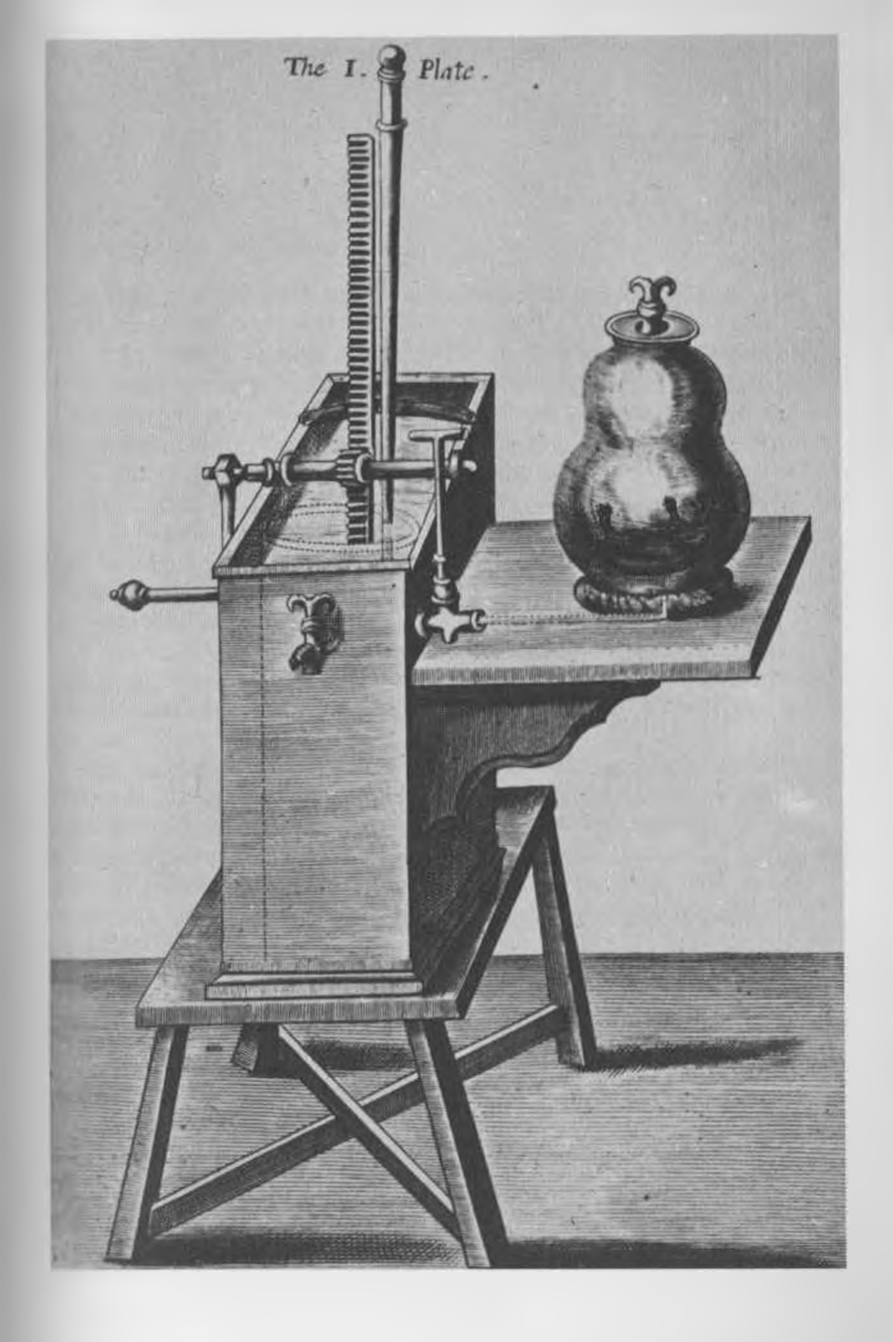
Izquierda. Un *equatorium* de latón, diámetro 193 milímetros para calcular las longitudes planetarias. Este ejemplar es probablemente francés, siendo muy raros los hechos en metal, aunque más frecuentes en manuscritos y libros impresos.
Derecha. Los cuadrantes de noche o nocturnos se fabricaron a partir del siglo XV para convertir en tiempo solar el tiempo indicado por la posición de una estrella. Se eligen para esto las estrellas más fácilmente identificables, como las dos estrellas más brillantes de la Osa Mayor, que por ser fácilmente localizables ofrecen un señalizador muy apropiado del reloj solar.
Abajo a la derecha. Grafómetro de latón dorado (1597). El grafómetro constituyó el instrumento básico de medición

hasta fines del siglo XVIII.
Abajo a la izquierda. Compendium astronómico alemán de latón dorado, diámetro 72 milímetros, hecho en Augsburgo en 1588. Las tapas superior e inferior aparecen con bisagras y están abiertas para dejar ver distintos instrumentos. Partiendo del lado superior de la tapa de arriba, los instrumentos incluidos en este *compendium* son: un astrolabio de cuadrante, una veleta, un mapa de parte de Europa con un indicador giratorio y un cursor, un cuadrante ajustable para poder ser utilizado en distintas latitudes, una brújula, una tabla de latitudes de 48 ciudades, otro tipo de reloj de sol, un *aspectarium* lunar, y unas escalas que indican la duración del día y la noche y los tiempos de la salida y puesta del sol.



Al situar los inventos en el marco de una tradición concreta puede arrojarse luz también sobre el enfadoso problema de las relaciones entre ciencia y tecnología. No cabe duda alguna de que inventos como el del telescopio se deben a artesanos que trabajaban al margen del mundo de la ciencia. Gilbert, por ejemplo, aprendió mucho de las observaciones de algunos «mecánicos». Pero el punto fundamental, a mi entender, consiste en que tales hallazgos quedaron incorporados a una tradición científica determinada. Y así, Galileo se percató de las posibilidades que el telescopio le ofrecía para sus propósitos, aun cuando no fuera él mismo su inventor.

Segunda bomba de aire
de Robert Boyle (1627-1691).
Es ésta un ejemplo de máquina construida para producir el vacío, como base para los experimentos científicos. La curiosidad científica de Boyle era una afición bastante cara.


The I. Plate.

3 El mundo como organismo

La aportación de Padua

Dentro de la tradición organicista, la principal aportación a la revolución científica se debe a profesores de la Universidad de Padua y a su más célebre alumno inglés, William Harvey. En Padua había sobrevivido durante los siglos XIV y XV una influyente tradición de escolasticismo «científico». Esta tradición se originó en las Universidades de Oxford y París a lo largo del siglo XIV, y luego se extendió a Italia. En Oxford los nombres más famosos fueron los del grupo del Merton College: Thomas Bradwardine (1290-1349) y sus alumnos Richard Swineshead y William Heytesbury (1380). En París descollaron Jean Buridano (1300-1360) y Nicole Oresme (m. en 1382). En Padua el gran médico Jacopo da Forli (m. en 1461) escribió comentarios a las obras de Nicole Oresme.

El padre intelectual, en buena medida, de toda esta tendencia fue el filósofo inglés Guillermo de Ockham (m. en 1349), a quien podemos considerar sin injusticia como un Bertrand Russell del siglo XIV.

Sus sucesores de Oxford y París —a menudo llamados «terministas», porque usaban un método lógico conocido técnicamente como método «a terminis»— le siguieron en la tendencia a fijar la atención sobre problemas concretos, dejando de lado la construcción de grandes sistemas. De acuerdo con la teoría de «la navaja de afeitar» de Ockham, las entidades no tienen por qué multiplicarse sin necesidad.

El logro más elogiado de esta escuela fue ofrecer una hipótesis capaz de enfrentarse como disyuntiva a la explicación aristotélica del movimiento, comúnmente aceptada. Ciertos aristotélicos ortodoxos, como el Aquinate, atribuían el movimiento prolongado de un proyectil al influjo del medio —en este caso el aire— por el que atravesaba. Esta explicación no satisfizo a los terministas, por lo cual idearon una teoría en donde el movimiento local de un proyectil o de un cuerpo que cae se atribuía a una cualidad nueva (el «impetus») adquirida por el cuerpo. En cuanto hipótesis, tuvo la ventaja de llevar a los terministas a un tipo de problemas de más provecho; y los

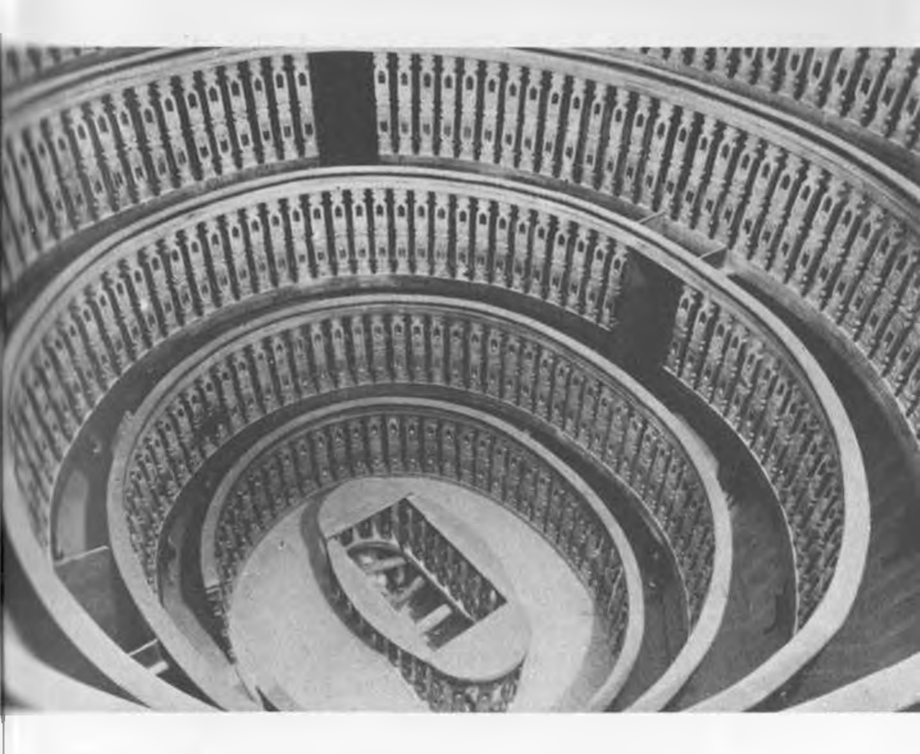
Aula de anatomía de Padua, capital de la tradición organicista de la ciencia. En febrero de 1646 el cronista John Evelyn asistía a «la famosa lección de anatomía» que según sus palabras «se celebra aquí con extraordinario aparato y dura casi un mes entero, y en ella vi diseccionar a tres personas, a una mujer, un niño y un hombre».

historiadores de la ciencia están de acuerdo en considerar la obra de estos hombres como un paso ingenioso hacia adelante dentro de la tradición aristotélica. Recientemente se ha dicho, por ejemplo, que los trabajos de Bradwardine, a partir del supuesto del «impetus», se adelantaron a Galileo en la prueba de que todos los cuerpos caen a igual velocidad en el vacío.

El interés por este tipo de problemas se prolongó en Padua durante el siglo XVI, mientras en las Universidades de Oxford y París había desaparecido. La contrafigura patavina de los terministas de Oxford y París fue Giambattista Benedetti (1530-1590), que aplicó la teoría del «impetus» para explicar la aceleración de los cuerpos que caen. Benedetti criticó también la idea aristotélica ortodoxa de que la velocidad de caída de un cuerpo era proporcional a su peso. El último representante célebre de esta escuela fue Cesare Cremonini (1550-1631).

Esta actitud matemática frente a la naturaleza cobró fuerza dentro de la Facultad filosófica de Padua; pero el renombre de la Universidad se debió a su Facultad de Medicina, la más famosa de Europa. Fue la escuela médica de Padua la que centró su atención sobre el aspecto empírico del aristotelismo, manifestado con más claridad en la *Historia Animalium*. Giacomo Zabarella (1532-1589) fue en Padua el exponente más conocido del empirismo aristotélico.

Si el Aristóteles empirista ejerció gran influencia en Padua, Galeno viene en segundo lugar. La conquista por la escuela médica de Padua de la supremacía europea estuvo muy relacionada con la vuelta a Galeno. Jacopo da Forli, primero profesor de medicina y luego de filosofía natural, fundó en el siglo XV una escuela galénica que se hallaba floreciente durante el siglo XVI y principios del XVII gracias al hallazgo de nuevos tratados de Galeno. El profesor más famoso del siglo XVI fue Andrés Vesalio (1514-1564), «padre de la anatomía moderna», maestro de cirugía y anatomía en Padua durante siete años (1537-1544). El célebre tratado anatómico de Vesalio, que lleva por título *De humani corporis fabrica*, se publicó en 1543, mientras él estaba en Padua y la portada presenta al autor practicando una



disección. Su discípulo Gabriele Fallopio (1523-1563), descubridor de las «trompas de Fallopio», llegó a profesor tras él. La tradición fue continuada por Fabrizi d'Acquapendente (1537-1619), profesor durante cincuenta años. El aula de anatomía se construyó en este período (1595). Hubo, pues, en Padua una tradición ininterrumpida de Galeno, desde el siglo XV, y fue a los pies de Fabrizi donde se sentó William Harvey (1578-1657) en sus años de estudiante en Padua.

Harvey y la circulación de la sangre

De entre los estudiosos que llevaron a cabo su obra dentro de la tradición de Aristóteles y Galeno, se debe a William Harvey la aportación más decisiva a la revolución científica gracias a su descubri-

miento de la circulación de la sangre. Tras unos años en Padua, Harvey volvió a Inglaterra, donde en 1607 fue elegido miembro del Real Colegio de Médicos. Se le nombró lector en anatomía de ese cuerpo conservador el año 1615, y sus lecciones se ajustaron a las normas vigentes. Parece que Harvey se mantuvo fiel a la tradición patavina, aunque hizo uso también de un manual aristotélico procedente de Basilea.

Cuando tuvo que hablar sobre el corazón se vio obligado a elegir entre la doctrina de Galeno y la de Aristóteles. Para Galeno el corazón era sólo uno de los tres «principios» del cuerpo; los otros dos eran el hígado y el cerebro. Aristóteles, en cambio, consideraba el corazón como la principal fuente de sangre en el cuerpo. Ambos comparaban el corazón a un manantial desde donde se distribuye la sangre a todo el cuerpo (aunque en el caso de Galeno sólo era uno de los tres manantiales). Harvey llegó a la conclusión de que la sangre circulaba a través del corazón entre los años 1616 —fecha en que dio las lecciones por vez primera— y 1628, en que publicó su libro *De Motu Cordis*.

Parece que Harvey llegó a esta conclusión en dos etapas. Primero se apartó de Galeno, no para seguir a un autor más «moderno», como podríamos imaginar, sino para dar la razón a Aristóteles cuando opinaba que el corazón era la principal fuente de sangre en el cuerpo; y no fue esta la única circunstancia en que tomó por guía a Aristóteles. Desde ese punto de partida aristotélico, Harvey, en una segunda etapa de reflexión y experimentación, llegó al resultado de que la sangre no se formaba en el corazón, sino que pasaba a través de él. Otro punto igualmente importante es que Harvey no sacó la consecuencia de que el corazón era una bomba. Lo consideró como un instrumento por cuyo medio la sangre venosa empobrecida recobraba todo su calor y capacidad nutritiva. Harvey no vio la importancia de la circulación menor a través de los pulmones. Y siguió sosteniendo la idea aristotélica de que el corazón era un órgano de la mayor trascendencia, y no sólo una bomba.

Aunque Harvey siguió a Aristóteles en este punto, su deuda general con Galeno fue considerable. Ciertos historiadores han mostrado in-

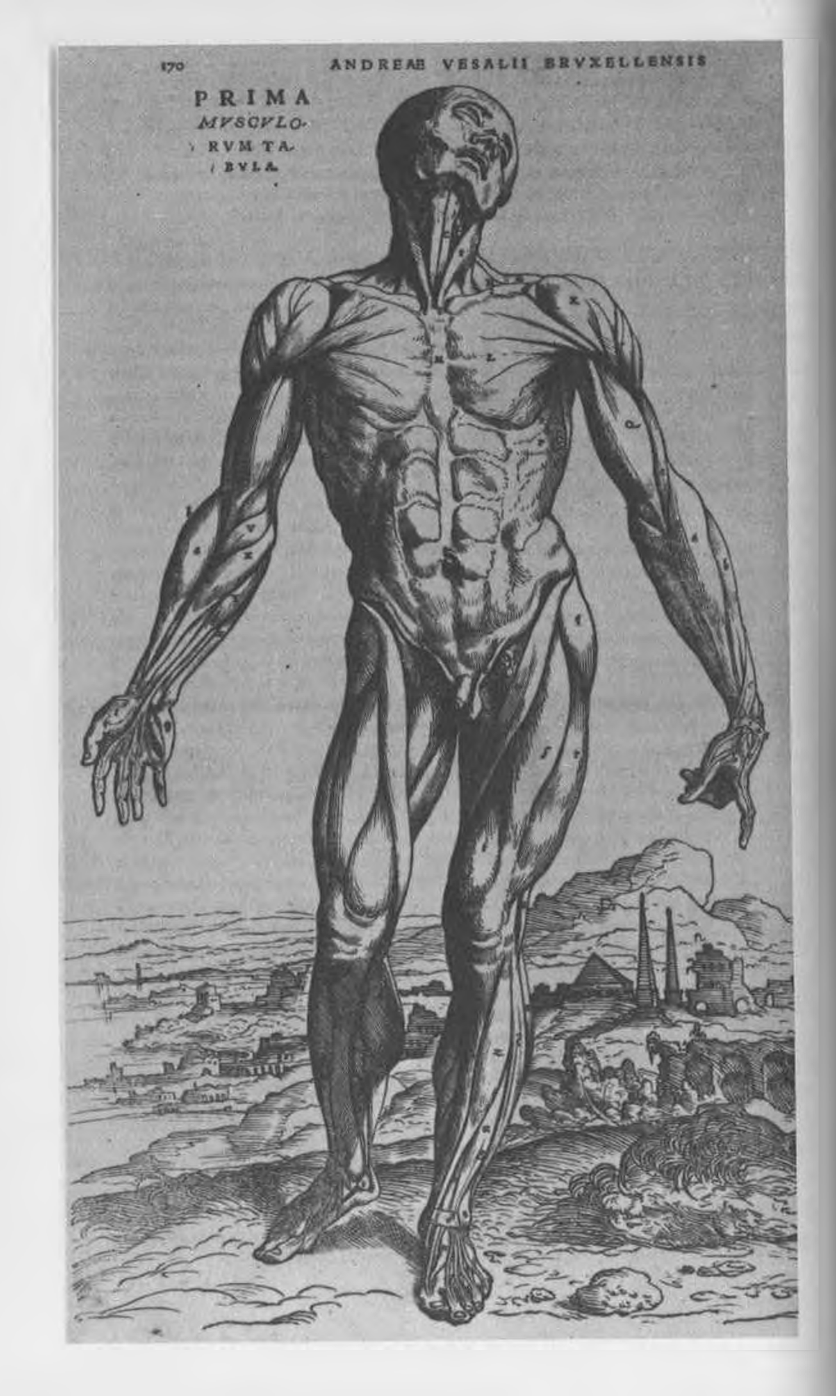
En la página siguiente. Las ilustraciones para la gran obra de Vesalio *De Fabrica* (1543) fueron diseñadas por un discípulo de Tiziano y demuestran cómo en el siglo XVI no existía una marca de distinción entre las artes y las ciencias. Compárense los dibujos del *Tractatus de Homine,* de Descartes, páginas 161-2. El esqueleto (a la derecha) es más que una ilustración médica. Por su postura y por la posición del cráneo, evoca una actitud moral del siglo XVI, posiblemente de desafío hacia la muerte.

clinación a considerar a Galeno como una «autoridad» que bloqueó el camino de Harvey hacia mayores adelantos; pero se ha demostrado de modo convincente que se trata de un prejuicio que tiene por base un malentendido con respecto a la naturaleza de la doctrina de Galeno sobre el corazón. Pasa por alto, por ejemplo, la cuidadosa descripción que hace de los cuatro tipos de válvulas cardíacas. Galeno quizá no supo interpretar la circulación menor de la sangre a través de los pulmones —la circulación pulmonar—, pero sus descripciones anatómicas no pueden mirarse como barreras positivas que obstaculizaran el salto imaginativo de Harvey.

En otros términos, Harvey perteneció a una tradición médica que le facilitó la base para ulteriores hallazgos. La interpretación habitual de esta coyuntura histórica en el desarrollo de la ciencia tiende a trazar una línea de anti-aristotelismo y anti-galenismo, manifestada por una serie de rebeliones que van desde Vesalio hasta Fabrizi d'Acquapendente, pasando por Servet; línea de rebeldes que le hizo posible a Harvey el destronar a Galeno. Pero los historiadores modernos han probado de manera concluyente que tal interpretación es equivocada y se apoya en malentendidos fundamentales acerca de la doctrina de Galeno. Harvey se refirió a Galeno como a «ese gran príncipe de los médicos» y se adhirió a la cuidadosa descripción de las válvulas cardíacas hecha por él. Harvey mismo dio a entender que Galeno obtuvo las pruebas, pero no llegó a sacar las conclusiones.

El relato que Harvey hace de su descubrimiento de la circulación de la sangre es muy revelador:

Comencé a pensar si no podía tratarse de un movimiento, por decirlo así, en forma de círculo. Pues bien, posteriormente descubrí ser ésa la verdad... y que podíamos permitirnos llamarle circular a dicho movimiento, de modo parecido a como Aristóteles afirma que el aire y la lluvia imitan el movimiento circular de los cuerpos celestes, por el hecho de que la tierra humedecida sufre evaporación al ser calentada por el sol, los vapores se condensan en lo alto y descienden en forma de lluvia que empapa de nuevo a la


170
ANDREAE VESALII BRVXELLENSIS
PRIMA
MVSCVLO-
RVM TA-
BVLA.

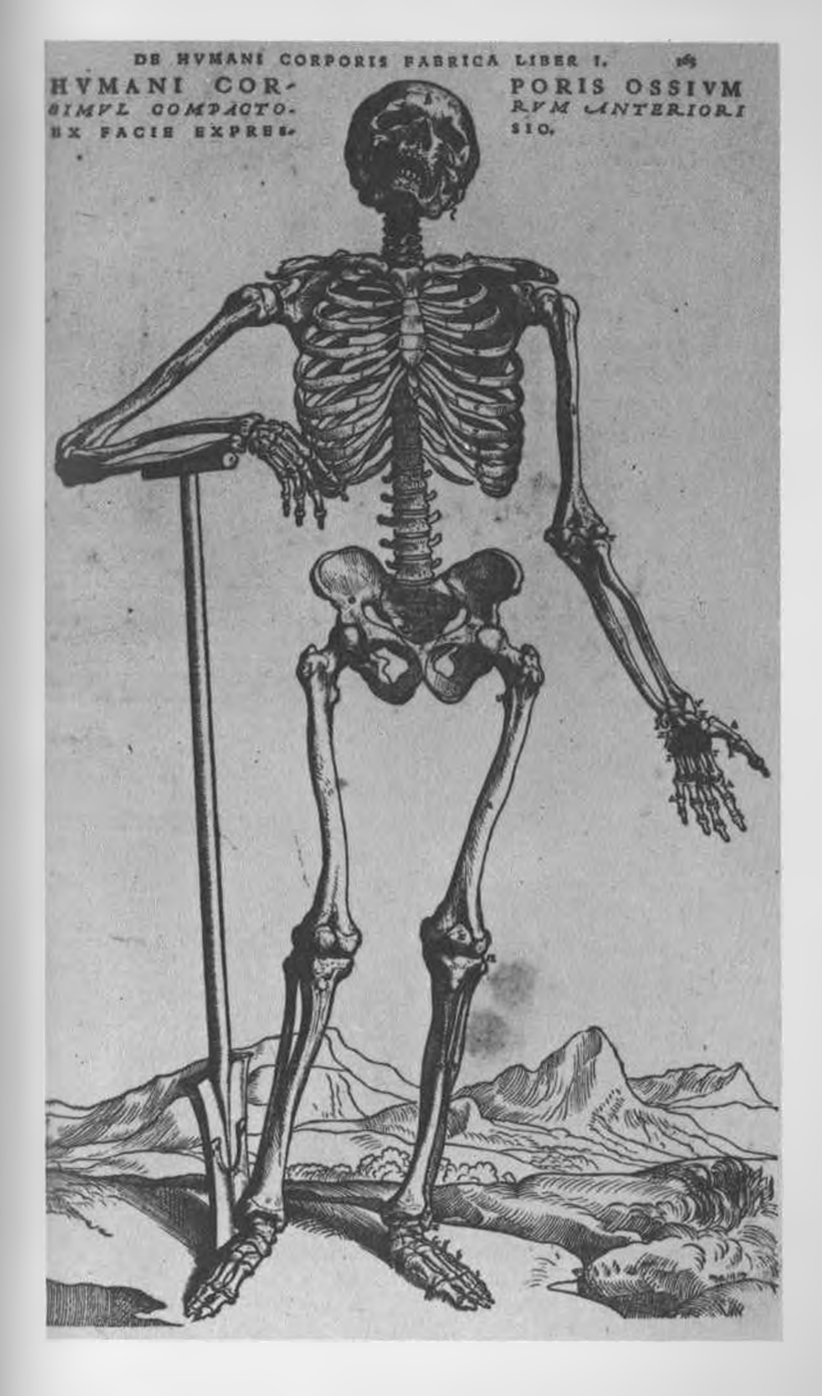
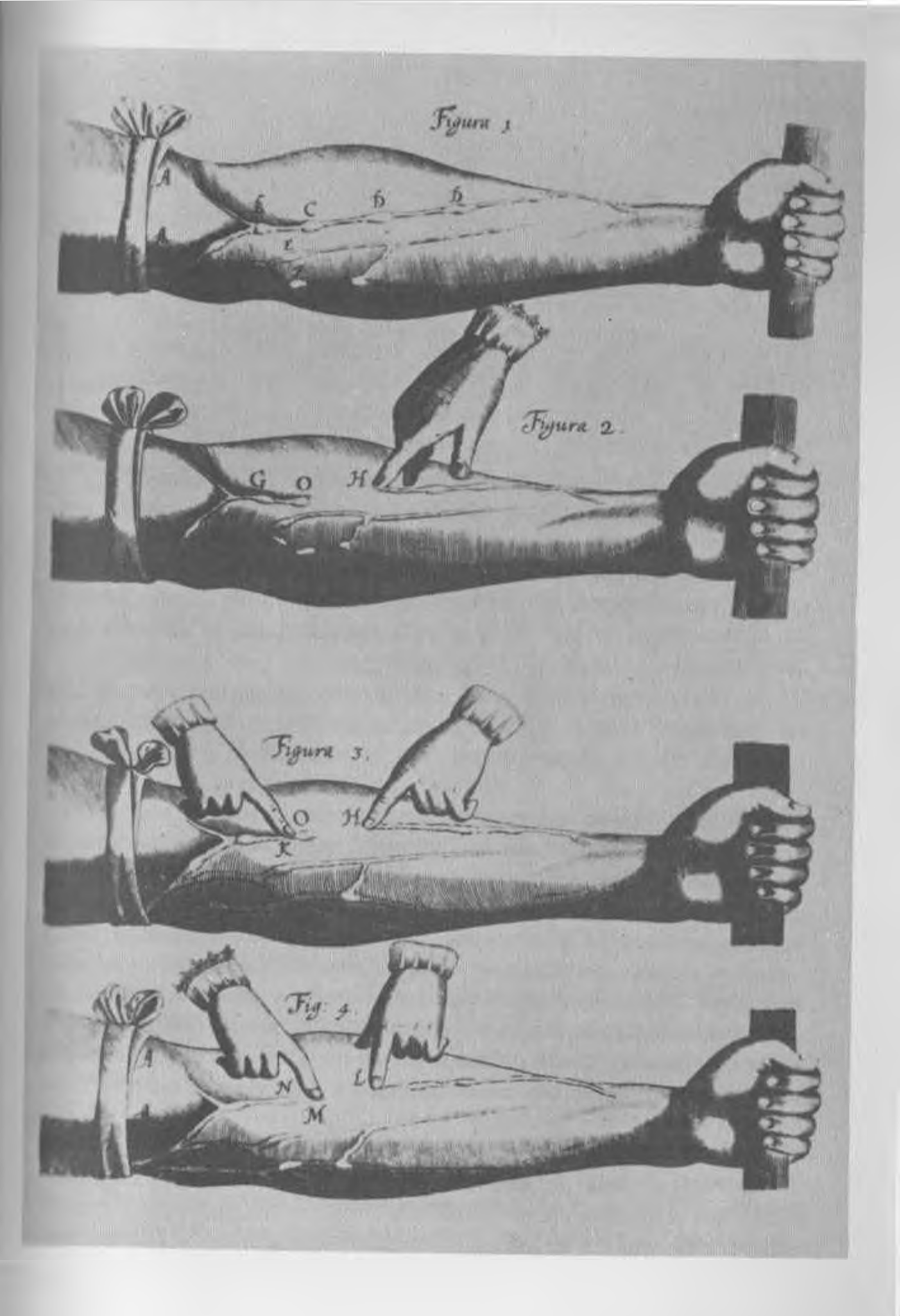

DE HVMANI CORPORIS FABRICA LIBER I. 163
HVMANI COR- PORIS OSSIVM
SIMVL COMPACTO- RVM ANTERIORI
EX FACIE EXPRES- SIO.

Ilustración de *De Motu Cordis*, de William Harvey, obra en la que demostraba la circulación de la sangre.

tierra; y de este modo acontecen las generaciones de los seres vivos; y así también se producen las tempestades y meteoros, por un movimiento circular y por la aproximación y receso del sol. Otro tanto acontece con toda probabilidad en el cuerpo gracias al movimiento de la sangre; sus diversas partes son alimentadas, acariciadas y revitalizadas por la sangre más caliente, más perfecta, vaporosa, fluida y yo diría que más alimenticia; pero esa sangre, en contacto con los miembros, se enfría, se coagula y, por decirlo así, se empobrece; de ahí que vuelva a su soberano, el corazón, como a su fuente o a la morada más íntima del cuerpo, para recobrar su estado de excelencia y perfección. Allí recupera su debida fluidez y recibe una infusión de calor natural, intenso, hirviente, una especie de tesoro de vida, y queda impregnada de espíritu, podríamos decir que de bálsamo; y desde allí es dispersada otra vez; y todo esto se debe al movimiento y actividad del corazón. El corazón, pues, constituye el principio de vida; el sol del microcosmos, como también el sol, a su vez, puede recibir el título de corazón del universo; porque el corazón... es, en efecto, el fundamento de la vida y la fuente de toda actividad [10].

Este fragmento ilustra el modo que tenía Harvey de razonar. Queda claro, ante todo, que su imaginación no se hallaba sujeta a las analogías mecánicas. El corazón no es una bomba, sino el «soberano» de la sangre y su morada más íntima, donde ella recobra su excelencia.

Las analogías son más bien políticas aquí (el corazón es el monarca) y domésticas (el corazón es un hogar de recuperación). El corazón es, además, un tesoro o banco que devuelve a la sangre un dinero enriquecido. Harvey saca también una analogía del agua y del modo en que se produce un ciclo recurrente entre el vapor y la lluvia que empapa. Pero no se trataba de un ciclo mecánico. Harvey lo vio, por los ojos de Aristóteles, como «el modo según el cual acontecen las generaciones de los seres vivos». En una palabra, el proceso cíclico forma parte del cuadro aristotélico del universo, en el que las causas finales y el crecimiento y decadencia orgánicos se consideraban clave para entender la naturaleza.


Figura 1
A
A
C
Figura 2.
G
O
H
Figura 3.
O
H
K
Fig. 4.
A
N
L
M

El empleo de Harvey del movimiento circular como analogía ideal se debe a su mentalidad y formación aristotélica en la Universidad de Padua.

Aristóteles veía el movimiento circular como la única forma perfecta de movimiento, y por eso adecuado para los planetas. Al transferirlo al microcosmos, Harvey hacía uso de una analogía aristotélica que Aristóteles hubiera considerado inadecuada dentro del mundo sublunar. En esto su manera de pensar es una vez más plenamente arístotélica.

Creemos justo decir que Harvey desarrolló sus ideas sobre la circulación de la sangre dentro del marco general de la «filosofía antigua». Posteriormente, Descartes convirtió en mecánico el concepto de circulación y lo usó como piedra angular para su filosofía mecanicista.

En otro pasaje Harvey recalcó la importancia de las causas finales en el universo y atacó a los seguidores de Epicuro y Lucrecio en la atribución de los efectos naturales a la casualidad:

> Los que reflexionan de este modo asignan una causa material (a la generación) y atribuyen la causalidad de los fenómenos naturales o bien a elementos que concurren espontánea o accidentalmente o bien a átomos combinados de modos distintos; esos hombres no caen en la cuenta de lo que es primordial en las operaciones de la naturaleza y en la generación y nutrición de los animales; es decir, no reconocen esa causa eficiente y divinidad de la naturaleza que obra siempre con un arte, providencia y sabiduría consumadas, y siempre con alguna finalidad y por algún fin bueno; esos hombres se apartan de la honra debida al Divino Arquitecto, que no ha ideado la cáscara para defensa del huevo con menos habilidad y previsión que compuso todas las otras partes... [11].

Este texto pone de relieve la fuerza que ejerció el aristotelismo sobre los defensores de la ortodoxia durante un período en que el escepticismo parecía ir ganando terreno. Vemos en él a Harvey ata-

rando a los atomistas precisamente porque el atomismo iba asociado al concepto sostenido por Demócrito de un mundo gobernado por la casualidad. Y nos explica también por qué Harvey creía a la sangre humana portadora de algo más que el alimento material, pues era juntamente vehículo de un principio vital que se identifica con el alma aristotélica. En todas las cuestiones sorprendemos a Harvey adoptando una postura religiosa paralelamente a un hallazgo científico e inspirándose en la tradición organicista.

No sería acertado concluir esta exposición de la corriente organicista sin recalcar que el «escolasticismo científico» constituyó un fenómeno esporádico a fines del siglo XVI y principios del XVII. Las tendencias de la ortodoxia religiosa eran más favorables al Aquinate que a Ockham, a los sistematizadores del siglo XIII que a sus críticos del XIV.

El escolasticismo científico sobrevivió en Padua solamente porque esta Universidad se hallaba situada en la República de Venecia, una comunidad tolerante según las normas de Loyola y de Calvino. En otras partes prevaleció un tipo de escolasticismo en que la reflexión teológica tuvo prioridad absoluta.

Lo que significó en la práctica esa resturación escolástica puede observarse en la carrera de Roberto Bellarmino (1542-1621), presidente en 1616 de la Comisión Papal que condenó la teoría de que el sol es el centro del universo. En sus primeros años de magisterio, concretamente en 1570, Bellarmino fue enviado desde Italia a inaugurar el estudio teológico de los jesuitas en Lovaina, donde desplegó un enorme entusiasmo por Tomás de Aquino, hasta el punto de parecer preferirlo a cualquier otro guía, incluidas las mismas Escrituras. Por este mismo tiempo escribió Bellarmino en sus preselecciones:

[Tomás] lo expone todo con un orden tan maravilloso y de una manera tan fácil y concisa que, si uno estudia con cuidado esas pocas cuestiones de Santo Tomás, me atrevo a afirmar categóricamente que no hallará dificultad alguna en cuanto atañe al misterio trinitario en las Escrituras, los Concilios

Portada de *Instauratio Magna* (1620), de Francis Bacon. Este, que fue Gran Canciller (1561-1626), se imaginó como navegando hacia un nuevo mundo intelectual entre las columnas de Hércules, pero Harvey pensaba que sus escritos científicos eran poco científicos.

y los Padres; y si persevera en el estudio del santo Doctor, hará más progreso en dos meses que dedicándose durante muchos al estudio personal y directo de las Escrituras y los Padres [12].

La revolución científica no nació de este tipo de pensamiento escolástico, sino de una tradición escéptica que se remonta a Ockham, y en última instancia a Aristóteles, el observador empírico.

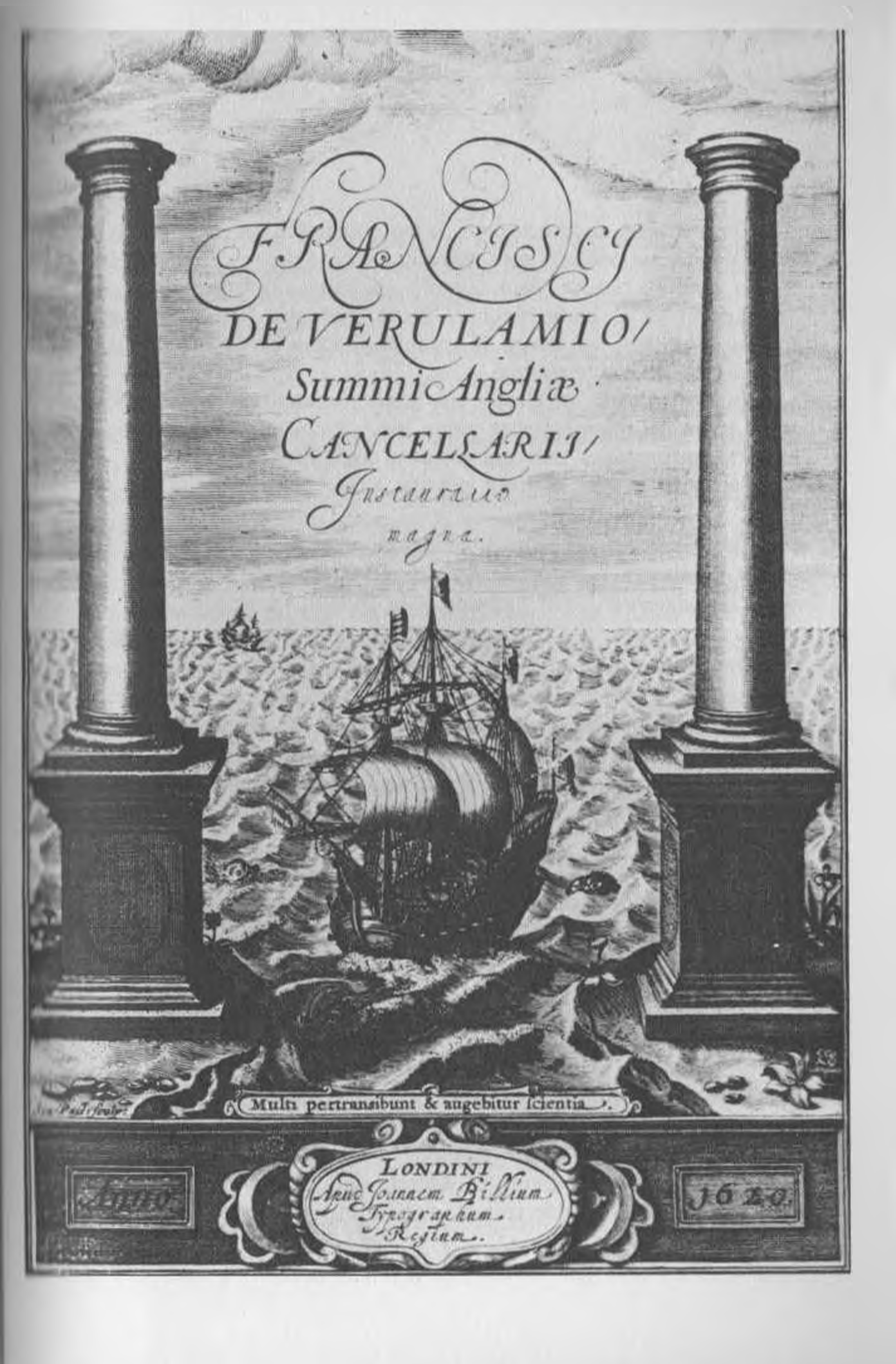
Francis Bacon, ¿un neoaristotélico?

El nombre de Francis Bacon (1561-1626) no podría faltar en una historia de la revolución científica. Bacon, una mezcla asombrosa de abogado, filósofo, científico, político y moralista, influenció de varias maneras el pensamiento del siglo XVII, y no fue la menor de ellas la inspiración que ejercieron sus escritos sobre la Royal Society. Si miramos hacia la generación siguiente, es claro que su nombre fue invocado por los mecanicistas en apoyo de su causa. Robert Hooke, principal exponente del mecanismo en la Royal Society (véase página 178) cultivó un método científico nuevo, el cual estaba basado en presupuestos mecánicos acerca de la naturaleza, y atribuyó el origen de su «Algebra Filosófica», como la denominó él mismo, a «el incomparable Verulam».

Pero, volviendo a Bacon, el contenido mecanicista de su pensamiento es mínimo.

Bacon atacó sin duda al aristotelismo y se consideró corrector de su tendencia demasiado racionalista. «La investigación de las causas finales —escribió—, igual que una virgen consagrada a Dios, es estéril y no produce nada».

Criticó también el equivocado entusiasmo empírico de Paracelso y los alquimistas en general. De aquí es posible concluir que su actitud era mecanicista, al menos en embrión, y, como prueba, citar su creencia de que el calor era un «movimiento verdaderamente mecánico».


FRANCISCI
DE VERULAMIO,
Summi Angliæ
CANCELLARIJ,
Instauratio
magna.
Multi pertransibunt & augebitur scientia.
LONDINI
Apud Joannem Billium
Typographum
Regium.
Anno
1620.

Sin embargo, en el conjunto de sus escritos, Bacon adopta un punto de vista que lo vincula más estrechamente a la tradición organicista que a cualquier otra. Aun cuando esto suena a paradoja, tiene su explicación en el hecho de que Bacon creó una figura engañosa del aristotelismo que implicaba la total abstención de los aristotélicos en la práctica de experimentos.

Ya hemos visto que hubo una tradición aristotélica experimental; y las ideas del mismo Bacon sobre los experimentos derivan de dicha tradición aristotélica más que de otra cualquiera.

Bacon hizo una llamada general a los hombres

para que vendieran sus libros y construyeran hornos, abandonando y repudiando a Minerva y las musas como vírgenes estériles, y uniéndose a Vulcano (*The Advancement of Learning*, libro I).

Y tuvo por cierto

que en el estudio profundo, fructífero y creador de muchas ciencias, sobre todo de la filosofía natural y la física, los libros no son los únicos instrumentos... En general, será difícil conseguir algún progreso importante en el conocimiento de la naturaleza, a menos de gastarse buenas sumas en experimentos (*Ibid.*).

En su estudio general sobre la ciencia, Bacon censuró juntamente al empirista de miras estrechas y al teórico dogmatista, considerando ideal la combinación del experimento y la teoría:

Los hombres que experimentan son como la hormiga: sólo recogen y utilizan; los que reflexionan parecen arañas que fabrican las telas con la propia sustancia. La abeja sigue el camino intermedio: acopia sus materiales libando en las flores del jardín y del campo, pero los transforma y digiere mediante el poder propio (*Novum Organum*, parte II, c. XCV).

Bacon propuso un ejemplo concreto de su ideal en *Nova Atlantis*, un tratado utópico donde treinta y seis científicos se entregarían al es-

tudio en un establecimiento llamado «Casa de Salomón». Habría allí grandes cuevas destinadas a la investigación de la refrigeración, los metales y la curación de enfermedades; altas torres para observar los meteoros y el tiempo, y grandes lagos, fuentes, tapias, huertos y parques, cada uno con su propio cometido para la investigación. Bacon describió también lagares, cocinas, dispensarios, hornos, casas de perspectiva y de sonido (para estudiar los problemas de la luz y el sonido) y casas de motores para imitar los varios tipos de moción.

Y alude brevemente a «una casa matemática donde están representados todos los instrumentos, tanto de la geometría como de la astronomía, cuidadosamente fabricados».

Todo esto se hallaba muy en el espíritu de la acumulación enciclopédica de conocimientos y dependía de conceptos aristotélicos tales como los «humores» y la moción «natural» y «violenta». Mientras los mecanicistas aplicaban un solo método para el estudio de los fenómenos naturales, Bacon abogaba por la observación conjunta de una amplia gama de fenómenos, al estilo de los que aparecen en el siguiente catálogo de temas que él propuso para investigación. Actitud que recuerda mucho más a Aristóteles que a cualquier científico de la tradición mecanicista:

Historia de las especies

28. Historia de los fósiles; como el vitriolo, el azufre, etc.
29. Historia de las gemas; como el diamante, el rubí, etc.
30. Historia de las piedras; como el mármol, la piedra de toque, el pedernal, etc.
31. Historia del imán.
32. Historia de los cuerpos mixtos, que no son ni enteramente fósiles ni vegetales; como las sales, el ámbar, el ámbar gris, etcétera.
33. Historia química de los metales y minerales.

A continuación vienen las historias del hombre

45. Historia de los humores humanos: sangre, bilis, semen, etc.
46. Historia de los excrementos: saliva, orina, sudor, evacuaciones, pelo de la cabeza, pelo del cuerpo, panadizos, uñas y cosas semejantes.
47. Historia de las facultades: atracción, digestión, retención, expulsión, sanguinificación, asimilación de alimento por los miembros, conversión de la sangre y de la flor de la sangre en espíritu, etc.
48. Historia de los movimientos naturales e involuntarios; como el movimiento del corazón, el pulso, el estornudo, los pulmones, la erección, etc.
49. Historia de los movimientos en parte naturales y en parte violentos; como, por ejemplo, la respiración, la tos, la orina, etc.
50. Historia de los movimientos voluntarios; como los de los órganos de articulación de palabras, el movimiento de los ojos, el movimiento de la lengua, mandíbulas, manos, dedos, el de la deglución, etc.
51. Historia del sueño y los sueños.
52. Historia de los distintos hábitos del cuerpo: de la gordura y de la delgadez; de las complexiones (tal como ellos las denominan), etc.
71. Historia del olfato y los olores.
72. Historia del gusto y los sabores.
73. Historia del tacto y los objetos táctiles.
74. Historia del venus, como una especie de tacto.
75. Historia de los dolores del cuerpo, asimismo como una especie de tacto.
76. Historia del placer y el dolor en general.
77. Historia de los afectos; como la ira, el amor, la vergüenza, etc.
78. Historia de las facultades intelectuales: reflexión, imaginación, elocución, memoria, etc.

79. Historia de las adivinaciones naturales.
80. Historia de los diagnósticos o juicios secretos naturales.
81. Historia del arte culinario y de las artes correspondientes, como la del carnicero, el pollero, etc.
100. Historia del trabajo en hierro.
101. Historia del tallado de piedras.
102. Historia de la fabricación de ladrillos y tejas.
103. Historia de la alfarería.
104. Historia de los cementos, etc.
105. Historia de los trabajos en madera.
106. Historia de los trabajos en plomo.
107. Historia del vidrio y todas las sustancias vítreas, y de la fabricación del vidrio.
108. Historia general de la arquitectura.
109. Historia de los carros, carrozas, literas, etc.
110. Historia de la imprenta, los libros, la escritura, el sello; de la tinta, la pluma, el papel, los pergaminos, etc.

La actitud organicista de Bacon queda también de manifiesto en su relato del siguiente experimento:

Entre todas las sustancias conocidas, una de las que más rápidamente acoge y pierde el calor es el aire; esto puede comprobarse muy bien en los calendarios de vidrio [termoscopios de aire], que se fabrican de este modo. Se toma un vaso de vidrio de panza huera y de cuello estrecho y oblongo; se le da la vuelta y se coloca con la boca hacia abajo y la panza hacia arriba en otra vasija de cristal que tenga agua; la boca del vaso introducido debe tocar el fondo de la vasija receptora y su cuello mantenerse inclinado levemente hacia la boca de la vasija, de modo que pueda estar de pie. Y para que esto se lleve a cabo de manera más adecuada conviene aplicar un poco de cera a la boca de la vasija receptora, pero sin cerrar del todo su boca, para que el movimiento de que hablaremos en seguida y que es muy sutil y delicado no sea impedido por falta de aire.

El vaso invertido hay que calentarlo al fuego por su parte superior, la ventral, antes de introducirlo en la vasija. Una vez colocado en la posición descrita, el aire dilatado por el calor, tras un lapso de tiempo suficiente para permitir la extinción de ese calor adventicio, se retirará y contraerá a la dimensión y extensión del aire ambiente en el momento de la inmersión del vaso, y permitirá que el agua suba hasta cierta altura. En un lado del vaso debe colocarse una tira de papel estrecha y oblonga, señalada con muchas rayas o grados a elección.

En tales condiciones no estará permitido observar, según que el día sea caluroso o frío, cómo el aire se contrae por acción del frío y se dilata por acción del calor, puesto que el agua sube al contraerse el aire y baja al dilatarse. Pero la sensibilidad del aire al calor y al frío es tan sutil y delicada que excede con mucho la percepción del tacto humano; hasta el punto de que un rayo de sol o el calor del aliento, y más aún el calor de una mano colocada en el borde del vaso, producirá el descenso inmediato del agua en un grado perceptible. Creo, sin embargo, que los espíritus animales están dotados de sensibilidad aún más aguda al calor, comprobable si no la dificultara y disminuyera la pesadez del cuerpo (*Ibid.* Libro segundo de Aforismos, XIII, 38).

El interés de este experimento es doble. Primero, aunque Bacon no lo diga, había sido realizado o visto por otros. En segundo término, Bacon atribuye al aire «una sensibilidad tan sutil y delicada al calor y al frío que excede con mucho la percepción del tacto humano». Con otras palabras: hace uso de una analogía humana, no mecánica, para describir un fenómeno natural, lo que sitúa sus afirmaciones dentro de la tradición organicista.

La dificultad en valorar la aportación de Bacon a la revolución científica se acrecienta, en parte, por el hecho de que exageró su propia originalidad, ocultando sus fuentes. Otro motivo de confusión radica en el uso que hicieron de su nombre los mecanicistas de la generación siguiente, e incluso pensadores milenaristas, como Comenio. En este momento subsisten bastantes dudas acerca de su aportación, y no es claro si ocupa ese lugar por derecho propio o sólo porque otros

lo creyeron importante en el siglo XVII. Algunos historiadores acentúan la resonancia mágica que tuvo el pensamiento baconiano. El debate continúa, con más gente a favor en Inglaterra que en otras partes. Acaso podamos concluir que su aportación real consiste en la popularización del concepto de experimento, pese a que sus ideas propias acerca de la técnica experimental fueron vagas en extremo.

4 El mundo como misterio

Copérnico

Durante el siglo XVI la tradición de la magia y el arte introdujo en la ciencia una dimensión peculiar que puede advertirse por la importancia creciente concedida a las matemáticas, la astrología, la astronomía y el análisis químico. Desde esta tradición partieron las primeras críticas hechas a la teoría geocéntrica del universo, que varios siglos de predominio aristotélico habían convertido en ortodoxia.

Durante el siglo XV se había dejado oír la voz de Nicolás de Cusa (1400-1464), cardenal y teólogo, en favor de la causa platónica; pero los pasos decisivos los dio el astrónomo Nicolás Copérnico (1473-1543).

Es opinión bastante generalizada que la historia de la ciencia moderna empieza con Copérnico, y las razones para emitir este juicio son serias. Copérnico racionalizó la cosmología ptolemaica colocando el sol en el centro del universo, y sosteniendo que la tierra se mueve en torno a él a la velocidad de una revolución por año. Además, Copérnico sostuvo que la tierra gira sobre su eje cada veinticuatro horas. Con lo cual, la diferencia entre el día y la noche dejó de explicarse a base de una cosmología que hacía girar al sol y los planetas en torno a la tierra una vez por día.

Era, sin duda, un paso revolucionario, que Copérnico no se contentó con reducir a una proposición general, sino que llevó sus consecuencias hasta la revisión de todo el conjunto de observaciones astronómicas contenidas en el *Almagesto*, de Ptolomeo. Su mérito consistió en la proposición extraordinariamente ingeniosa y detallada de afirmaciones originales hechas por un matemático de gran competencia. Es decir, que no se trataba de una mera visión poética, aunque lo fuese también; fue, además, un caso de matemáticas técnicas.

Por varias razones, Copérnico diríase que no era de suponer que diera un paso tan atrevido. Nació en una región limítrofe con Alemania y Polonia, en Torun (en alemán, Thorn), donde la urbanización no había hecho grandes progresos y donde cabe sospechar que el nivel de los estudios no fuese muy floreciente. Su nacionalidad

era polaca o alemana, o ambas a la vez: un problema que se planteó durante la segunda guerra mundial, al celebrarse el cuarto centenario de su libro (1943). Copérnico era sobrino de un obispo, y aunque nunca llegó a hacerse sacerdote, gozó de prebendas eclesiásticas que le permitieron llevar vida desahogada. Fue, de hecho, un gentilhombre, aunque de nuevo cuño.

En la astronomía encontró Copérnico su ocupación preferida. Personalmente hizo pocas observaciones astronómicas. Se limitó a ocuparse de cálculos matemáticos apoyados sobre observaciones hechas por otros, lo que parece situarle de lleno en la tradición intelectual griega, poco interesada por el mundo práctico. Desde 1512 hasta su muerte, en 1543, Copérnico fue canónigo de la catedral de Frauenburg, pero no estuvo sujeto a obligaciones eclesiásticas, y esto le permitió llevar una vida retirada entregado al estudio, que contrastaba con las actividades casi militares de sus compañeros de canonjía. Copérnico es un caso típico de intelectual aislado, separado de la sociedad, recluido entre las tapias de los terrenos catedralicios, ajeno a las actividades de sus compañeros e integrado en un grupo social que vivía también al margen de la sociedad circundante.

La afición de Copérnico a la astronomía aparece sobre este cuadro como una forma de apartamiento de las exigencias del mundo «real». No era profesor ni lo fue nunca.

La astronomía de esta naturaleza constituye, pues, una especie de ascetismo científico, un equivalente en el siglo XVI de la vida eremítica. (De hecho, algunos pitagóricos, entre ellos el florentino Toscanelli, por ejemplo, fueron auténticos ascetas.)

Pero su aislamiento en Polonia no bastaría para justificar su actitud revolucionaria. La explicación hay que buscarla en los diez años que pasó en la Italia renacentista. Tras cuatro años de vida estudiantil en la Universidad de Cracovia, Copérnico fue a ampliar estudios en las Universidades de Bolonia y Padua. Y allí sufrió la influencia del neoplatonismo, como se pone de manifiesto en una carta atribuida a Pitágoras que Copérnico tradujo, y donde se dice que «no les está permitido a los hombres ordinarios acercarse a los sagrados misterios de las diosas del Elíseo» [11].

El sistema copernicano del universo tomado de *Harmonía macrocósmica* (véase el pie de la página 9).

Este y otros testimonios demuestran que el Renacimiento, cuya influencia experimentó Copérnico, fue el de Ficino y la academia de Florencia. Tal vez pudiera considerarse esa iniciación en el neoplatonismo como equivalente a una conversión religiosa.

El lazo de unión con el neoplatonismo pasa a través del colaborador de Copérnico y maestro en Bolonia, Doménico María de Novara, quien conoció a los neoplatónicos florentinos y tradujo a Proclo y a Hermes Trismegisto. Proclo (412-485) atribuyó valor místico a las matemáticas:

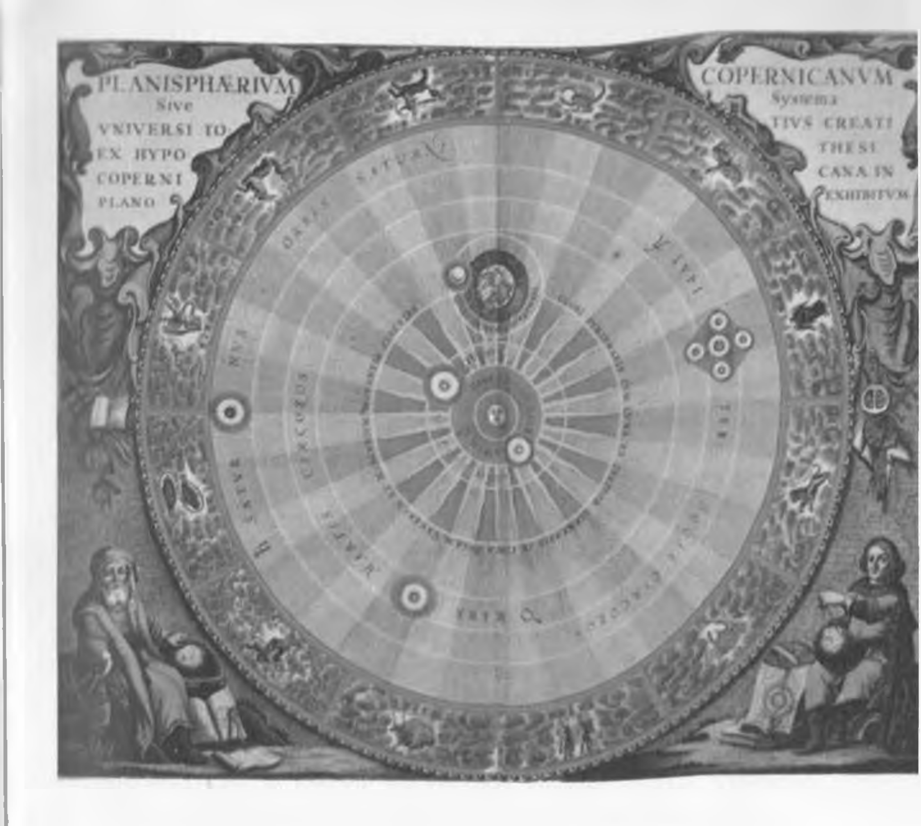
El alma (del universo), pues, en modo alguno debe compararse con una tabla lisa, vacía de todo conocimiento; sino que es una tabla escrita de continuo, siendo ella misma quien se inscribe los caracteres, de donde saca una plenitud eterna mediante el entendimiento... Todas las especies matemáticas, por tanto, tienen subsistencia primaria en el alma, de tal modo que, antes de hallar miembros sensibles, se hallarán en sus repliegues más íntimos miembros con movimiento propio; figuras vivas antes que perceptibles; proporciones ideales de armonía... aquí debemos seguir la doctrina de Timeo, quien hace derivar el origen del alma y la consumación de su fábrica de las formas matemáticas...[14].

La importancia neoplatónica dada al sol puede percibirse también en una cita tomada de Marsilio Ficino:

Nada revela mejor la naturaleza del Bien (que es Dios) ni más plenamente que la luz (del sol). Primero, la luz es el más brillante y el más claro de los objetos sensibles. Segundo, no hay nada que se derrame tan fácil, amplia y rápidamente como la luz... Levantar los ojos al cielo, os lo ruego, ciudadanos de la patria celestial... El sol puede significaros a Dios mismo; y ¿quién se atreverá a decir que el sol es falso?[15].

Por último, una cita de Copérnico, donde explícitamente alude a Trismegisto:

En medio de todo está el sol, sentado en su trono. En este bellísimo templo



¿podriamos colocar esa lumbrera en posición mejor para que logre iluminar todas las cosas de una vez? Con razón se le llama Lámpara, Inteligencia, Gobernante del universo; Hermes Trismegisto lo denomina Dios visible, y la Electra de Sófocles lo llama el que todo lo ve. Así, pues, el sol está sentado en un trono real y rige a sus vasallos, los planetas, que dan vueltas en torno a él[16].

Con frecuencia se ha hecho hincapié en la vinculación de la ciencia moderna con el Renacimiento. Butterfield, entre otros, acentuó la importancia de las minuciosas observaciones naturales hechas por Leonardo. Otros han prestado atención a la habilidad matemática implicada en el uso artístico de la perspectiva. Pero el tipo de influen-

cia renacentista que suponen Proclo, Trismegisto y Ficino es de un orden muy distinto. El neoplatonismo floreció durante los últimos años de Cosme de Médicis y Lorenzo de Médicis. Llevaba consigo el alejamiento del compromiso con el «mundo real», tanto de la política como del arte. El tipo de obra maestra que fomentaba nos lo ofrece la *Primavera*, de Botticelli, con su aura de magia simbólica. Esta tradición neoplatónica llevó a la reverencia mística por los números, y no a un respeto juicioso de las técnicas matemáticas prácticas. Fomentó también el secreto y el interés por las cosas ocultas en cuanto tales, debido al cual una obra de arte se consideraba como emblema mágico o se tenía como un mensaje cifrado para gentes iniciadas.

Esta actitud renacentista fue un mundo aparte del racionalismo de Maquiavelo, y sus grandes secretos sólo en el momento actual estamos comenzando a conocerlos gracias al trabajo de autores como Wind y otros [17].

Tal era el ambiente en que vivía Copérnico. De hecho, Rhaeticus pensó que Copérnico había diferido la publicación de su obra precisamente porque deseaba reservar su secreto a un corto número de privilegiados para que «se salvase el principio pitagórico de que la filosofía debe cultivarse de tal modo que sus últimos secretos se reserven para hombres eruditos instruidos en matemáticas» [18].

El substrato neoplatónico de Copérnico explica también por qué sus teorías fueron casi universalmente rechazadas durante el siglo XVI. Sólo los neoplatónicos aceptaron a Copérnico sin reservas. Edward Rosen ha confeccionado una lista de las personalidades religiosas que se pronunciaron contra la aparentemente absurda idea de que la tierra girase en torno al sol. La reacción del mundo de la ortodoxia católica y protestante fue hostil a Copérnico. Incluso antes de que se publicara el tratado de Copérnico, Lutero reaccionó violentamente contra los rumores concernientes a él. Lutero, de cultura esencialmente bíblica, dijo:

Asi van hoy las cosas. Quien quiera ser tenido por inteligente no debe gustar de lo que los otros hacen. Necesita crear su propia obra, como está haciendo

ese hombre que pretende volver al revés la astronomía entera. Pero yo creo en la Sagrada Escritura, y allí se dice que Josué mandó detenerse al sol, no a la tierra [19].

Melanchton, mucho más aristotélico que Lutero, hizo una crítica parecida diez años más tarde, en 1549:

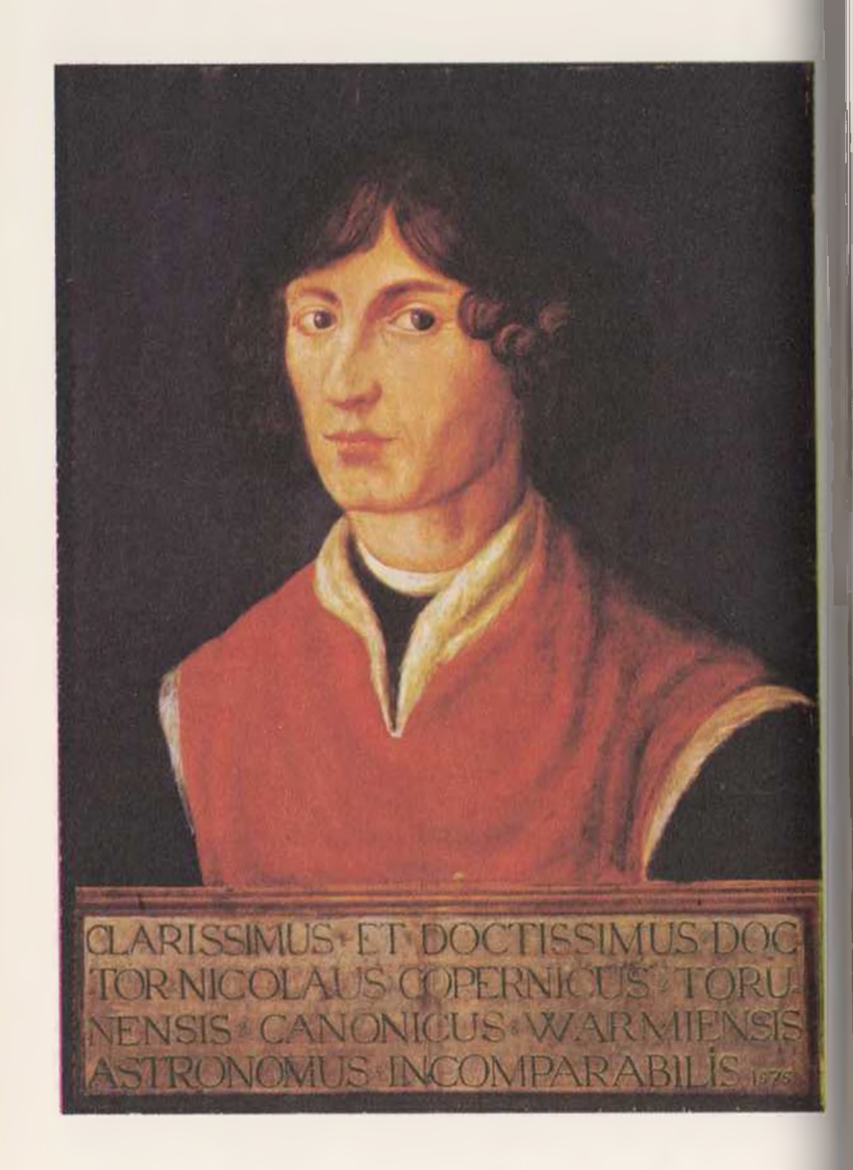
Por afán de novedad o para hacerse pasar como inteligentes, algunos han pretendido que la tierra se mueve. Sostienen que ni la octava esfera ni el sol se mueven; mientras atribuyen movimiento a las demás esferas celestes y consideran al sol entre los cuerpos del cielo. Chanzas que no son de invención reciente, pues aún existe una obra de Arquímedes, *El Arenario*, en donde refiere que Aristarco de Samos propuso la paradoja de que el sol estaba fijo y la tierra daba vueltas alrededor del sol. Aunque algunos expertos sutiles llevan a cabo muchas indagaciones para someter a prueba su ingenuidad propia, sin embargo, la proclamación pública de opiniones absurdas es indecorosa y sienta un precedente nefasto [20].

El profesor Rosen cita varios ejemplos más a fines del siglo XVI, incluido Robert Recorde, autor de *The Castle of Knowledge*, el manual clásico de astronomía en Inglaterra; así como Scaliger y Buchanan, que sostuvieron posturas anticopernicanas, y Jean Bodin, citado tan a menudo en los manuales de ideología política como un moderno, quien afirmaba ser imposible que un cuerpo simple como la tierra se moviese en las tres formas distintas que le atribuía Copérnico.

El mismo punto de vista sostuvo el astrónomo más eminente de finales del siglo XVI, Tycho Brahe (1546-1601), como demostró al escribir:

Qué necesidad hay de imaginar sin justificación alguna que la tierra, una masa sin luz, densa e inerte, es un cuerpo celeste sujeto a más revoluciones que los otros, es decir, a un movimiento triple, negando así no sólo todas

«El famosísimo y eruditísimo doctor Nicolaus Copernicus, astrónomo incomparable.»



R. H. Tawney dijo que las reacciones de Lutero frente a los cambios económicos de principios del siglo XVI eran comparables a las de un salvaje al examinar un reloj que le resulta imposible de entender. La actitud de Lutero frente a las teorías de Copérnico fue muy parecida.



las verdades físicas, sino también la autoridad de la Sagrada Escritura, que debe ser suprema [21].

La verdad es que entre las filas de los pensadores religiosos, lo mismo católicos que luteranos o calvinistas, la idea de Copérnico fue rechazada como absurda. Todas las autoridades aceptadas estaban contra ella. La Biblia la contradecía expresamente. Y el sentido común servía de obstáculo adicional. No menos importante fue el hecho de que no parecía haber modo de probarla. Durante el siglo XVI la postura heliocéntrica sólo tuvo aceptación dentro de la corriente pitagórico-hermética. En la postura hermética el puesto central del sol en el universo se tenía por axiomático, porque era «justo». En el sistema aristotélico la tierra era el punto central del universo, exactamente por las mismas razones. Y puesto que el aristotelismo se hallaba tan fuertemente arraigado en las universidades, era inevitable que la opinión de Copérnico fuera rechazada en los manuales académicos.

Hasta el momento en que Galileo publicó su obra *Sidereus Nuntius* (1609), seguido de la *Carta a la Archiduquesa Cristina* (1612) y de los *Diálogos* (1632), Copérnico no tuvo ni encontró el menor apoyo ante los estudiosos no pertenecientes a la tradición hermética.

Giordano Bruno

La tradición intelectual que hemos asociado a Copérnico sobrevivió entre un reducido grupo al margen de las instituciones académicas y religiosas de aquel tiempo. Perdió terreno ante la restauración aristotélica que siguió al Concilio de Trento. Fue atacada desde el flanco protestante por Tomás Erasto (1524-1583). Tuvo que aguantar las políticas de intolerancia, que fueron característica acusada de la Europa de finales del siglo XVI. En el dominio del arte, la tradición neoplatónica se eclipsó del todo. No hubo ningún Botticelli en la Italia dominada por Felipe II. La Academia Florentina dejó

de existir. Sin embargo, aun cuando fuera oprimido, el neoplatonismo sobrevivió.

Los tres personajes asociados al neoplatonismo italiano durante el periodo de 1550 a 1600 fueron Francesco Patrizzi (1529-1597), Giordano Bruno (1548-1600) y Tommaso Campanella (1568-1639). Patrizzi publicó en 1591 una copiosa colección de escritos herméticos dedicada a Gregorio XIV, y en esa dedicatoria invitaba al Papa a promover la doctrina de Platón y de los platónicos, como Plotino, Proclo y los primeros Padres de la Iglesia. El mismo había dado lecciones sobre el neoplatonismo en la Universidad de Ferrara; pero Ferrara era un centro de poca importancia académica, y la llamada de Patrizzi sólo mereció una respuesta breve de cumplido y su libro se condenó como herético. Murió en su lecho en 1597, pero la suerte corrida por su libro es sintomática del clima que se respiraba en Italia.

Soplaban vientos fuertes favorables al aristotelismo, y un filósofo que levantara la voz en pro del heliocentrismo se exponía a caer en desgracia.

El exponente italiano más destacado de la tradición mágica fue Giordano Bruno, nacido en Nola, cerca de Nápoles, en 1548, que se hizo dominico en 1563. Su precocidad intelectual le valió acusaciones de herejía y se le desterró. Tuvo que adoptar la vida de profesor errante, que, por hallarse sujeta a continuos desplazamientos, evoca la de Paracelso, a quien de hecho admiraba (véase pág. 113). La diferencia entre ambos puede explicarse con relación al *De Revolutionibus*, de Copérnico, publicado en 1543, un año antes de que muriese Paracelso: éste no sufrió la influencia de Copérnico, mientras Bruno estaba dominado por ella.

Bruno fue el exponente más entusiasta del heliocentrismo en la segunda mitad del siglo. Expuso por toda Europa esta doctrina revolucionaria y en sus manos el copernicanismo pasó a formar parte de la tradición hermética. El mismo Copérnico lo había insinuado ya, sin duda; pero fue Bruno quien dedujo todo lo que suponía —y más de lo que suponía— que Copérnico hubiese aludido a Trisme-

gisto. La reacción del siglo XVI frente a la doctrina heliocéntrica no puede entenderse plenamente sin comprender que el heliocentrismo permaneció incorporado a la tradición hermética hasta los días de Galileo. Lo que hizo Bruno fue transformar una síntesis matemática en doctrina religiosa, y predicar su verdad como otros predicaban el Evangelio.

Bruno vio el universo, lo mismo que Lulio, Ficino y Pico hicieran antes, como un mundo mágico en donde la tierra y las estrellas eran seres vivos. Sobre todo, era viviente el sol, que derramaba su luz como verdadera fuente de vida desde el centro del universo. La tarea del filósofo consistía en hacer uso de las fuerzas invisibles que poblaban el universo; una tarea para la que Trismegisto ofrecía la llave esencial.

Estas ideas lo llevarían inevitablemente al choque con la ortodoxia académica. La controversia más famosa tuvo lugar con ocasión de su visita a Oxford en 1583, cuando expuso a los catedráticos la teoría de Copérnico y «muchos otros temas». Bruno ha tenido de su parte a casi todos los historiadores de la ciencia, porque, a pesar de sus excentricidades, parecía representante del «racionalismo». Pero hallazgos recientes dejan fuera de toda duda que para él el copernicanismo formaba parte de un nuevo sistema intelectual derivado en buena medida de Trismegisto y los neoplatónicos. George Abbot, en una obra publicada en 1604, describía cómo Bruno

... ese italiano chapucero... subió a las tribunas más altas de nuestras mejores y más famosas escuelas, remangándose como un juglar; y, diciéndonos muchas cosas del theritrum, y el circulo y la circunferencia (conforme a la pronunciación de su lengua de origen), trató, entre muchos otros temas, de defender la opinión de Copérnico de que la tierra daba vueltas y los cielos estaban fijos; cuando, en verdad, era su propia cabeza la que giraba y sus sesos los que no estaban quietos. Una vez leída su primera conferencia, a un hombre grave y de gran prestigio de esa universidad le pareció haber leído en alguna parte las cosas que el doctor proponía; mas, habiendo silenciado su sospecha hasta oírle por segunda vez, lo recordó entonces; y, enca-

minándose a su estudio, descubrió que tanto la primera como la segunda conferencia habían sido tomadas casi literalmente de las obras de Marsilio Ficino [22].

Este pasaje nos dice, a la vez, mucho sobre Oxford y mucho sobre Bruno. Hay en él algo más que una insinuación acerca de las absurdas pretensiones del italiano chapucero y de su extraña y nada oxoniense pronunciación del latín. El pasaje revela también por qué la defensa que Bruno hizo del copernicanismo iba a tener tan poco peso: se apoyaba en las opiniones precopernicanas del humanista italiano Ficino, y no sobre argumentos u observaciones nuevos. No menos interesante es el hecho de que el crítico de Bruno, George Abbot, abrigaba simpatías puritanas, lo que hace demasiado simplista cualquier relación estrecha que quiera establecerse entre el puritanismo y la ciencia.

Es muy posible que la lógica aristotélica ha representado aquí el papel del pensamiento racional en contraste con un entusiasmo místico.

Gilbert y el magnetismo

La aportación exacta de Bruno a la ciencia sigue siendo materia opinable; pero con respecto a su contemporáneo el médico William Gilbert (1540-1603), no ocurre lo mismo. El *De Magnete*, de Gilbert, publicado en 1600, aunque fue escrito hacia 1580, es el primer tratado científico importante en la historia inglesa, a la vez que un hito decisivo en la revolución científica. La originalidad de Gilbert radica en que emprendió el estudio del magnetismo, un fenómeno conocido al menos desde el tiempo de los griegos; Gilbert ideó una nueva teoría sobre su naturaleza, basada en una serie de experimentos meticulosos y cuidadosamente anotados.

Realizó unos cincuenta experimentos para ilustrar la naturaleza del magnetismo. Muchas de las cosas que afirmaba eran bien familiares a los hombres del mar debido a la constante observación de la brú-

jula magnética; por ejemplo, el hecho de que la aguja variaba considerablemente en su declinación respecto del norte. Gilbert intentó explicar este fenómeno una vez dejadas en ridículo las ideas de los comentaristas recientes. La puntualización principal de Gilbert fue que los cambios esporádicos en el comportamiento de la aguja se debían a variaciones locales en la corteza terrestre y no a causa fija, como la de las estrellas, sugerida por Ficino y otros. Demostró su afirmación describiendo un experimento realizado con una piedra imán (óxido de hierro magnético) esférica que estaba «hundida en una parte de su superficie y así ofrecía una depresión comparable al mar Atlántico o gran océano». Colocadas algunas agujas sobre la piedra imán, pudo observarse que la variación ocurría en la línea de separación entre las áreas compactas de la piedra y las partes hundidas. En lo que Gilbert descubrió una analogía del fenómeno que se produce en la tierra.

La originalidad de Gilbert en idear experimentos no debe exagerarse. Por ejemplo, tomó de su contemporáneo Robert Norman un experimento que consistía en introducir una aguja en un corcho de modo que flotase justamente por debajo de la superficie en un vaso con agua. La finalidad de este experimento era desacreditar la teoría según la cual el fundamento del magnetismo se halla en el agua. Por otra parte, los escritores del siglo XVI a quienes más atacó Gilbert, los italianos Porta y Cardano, creían en los experimentos tanto como él.

Gilbert es interesante tanto por la formulación de su teoría general del magnetismo como por su técnica experimental, aunque tal vez esta distinción sea arbitraria, habida cuenta de que los experimentos se idearon para llegar a una conclusión general. La teoría gilbertiana del magnetismo descansaba sobre su idea de que la tierra era una piedra imán gigantesca, y de que «cada fragmento separado de la tierra manifiesta, en experimentos no sujetos a duda, todo el ímpetu de la materia magnética». Gilbert sostuvo que los cinco fenómenos magnéticos principales —atracción (que él llamó «conjunción»), orientación hacia el polo de la tierra, variación, declinación o inclinación.

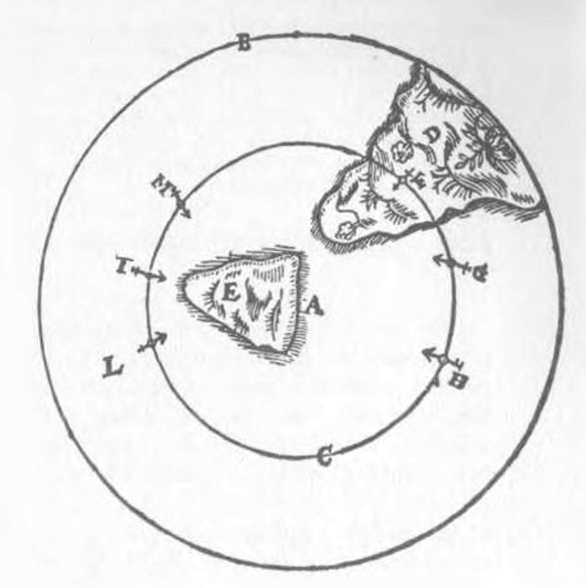


Diagrama de William Gilbert para ilustrar el comportamiento de un imán en diferentes posiciones alrededor del polo norte de la tierra; *De Magnete* (1600).

y finalmente movimiento circular— sólo podían explicarse en el marco del magnetismo propio de la tierra.

El quinto aspecto del magnetismo —el movimiento circular— da la clave para la interpretación personal de Gilbert del movimiento de la tierra. No fue un copernicano declarado, pero aceptó el movimiento circular diario de la tierra y lo demostró a su gusto partiendo del comportamiento de la piedra imán. Creía que, de entre todos los objetos familiares, la piedra imán reunía mejor que cualquier otro las cualidades esenciales de la tierra en cuanto a su capacidad de movimiento circular.

Su enfrentamiento con la autoridad, su fe en los experimentos, su tratamiento crítico de los testimonios en la construcción de una teoría general y su aceptación del movimiento cicular diario de la tierra son otros tantos indicios del empíritu «moderno» de Gilbert; y en una interpretación whig de la historia de ésta la conclusión a que se llegaría.

Sin embargo, si analizamos con mayor atención su *De Magnete,* surgen ciertas dudas. Porque, no obstante la crítica que hace de sus predecesores, le resulta imposible evitar una buena parte de su terminología; y, a pesar de que condena las «causas ocultas», sus

Copia en mármol de 60 × 50 cm. de la «Mesa Santa» por el matemático y geógrafo doctor John Dee (1527-1608), siguiendo instrucciones de los espíritus celestes liberados a través de Edmund Kelley (1555-1595). Los caracteres escritos en el centro y en los bordes pertenecen al alfabeto «Enoquiano», de Dee. Esta mesa fue probablemente copiada del grabado que aparecía en la obra de Meric Casaubon *True and Faithful Relation of what passed... between Dr. John Dee... and Some Spirits* (1659).

propias explicaciones del magnetismo son fundamentalmente misteriosas.

De hecho, la actitud de Gilbert halla el sitio que le corresponde sólo dentro de la «tradición mágica». Sus métodos experimentales parecen modernos, pero su visión del mundo y sus postulados científicos se hallan lejos del mecanismo del hombre de ciencia moderno. Una cita tomada del *De Magnete*, en la que Gilbert menciona expresamente a Hermes Trismegisto. nos servirá para ilustrar esto:

El universo de Aristóteles parecería ser una creación monstruosa en donde todos los seres son perfectos, vigorosos y animados, mientras la tierra sola, una pequeña y desdichada fracción [del universo], es imperfecta, se halla muerta, es inanimada y está sujeta a decadencia. En cambio, Hermes, Zoroastro y Orfeo reconocen un alma universal. Por nuestra parte, estimamos que el mundo entero está animado; todas las esferas, todas las estrellas, y también esta tierra gloriosa, sostenemos que se hallan gobernados desde el principio por las almas que les fueron destinadas en propiedad, y gracias a ellas tienen el impulso de la autopreservación...

Sería lamentable la condición de las estrellas y triste la suerte de la tierra si esta alta dignidad del alma les fuere negada, siendo así que se concede a los gusanos, las hormigas, las cucarachas y las plantas... [23].

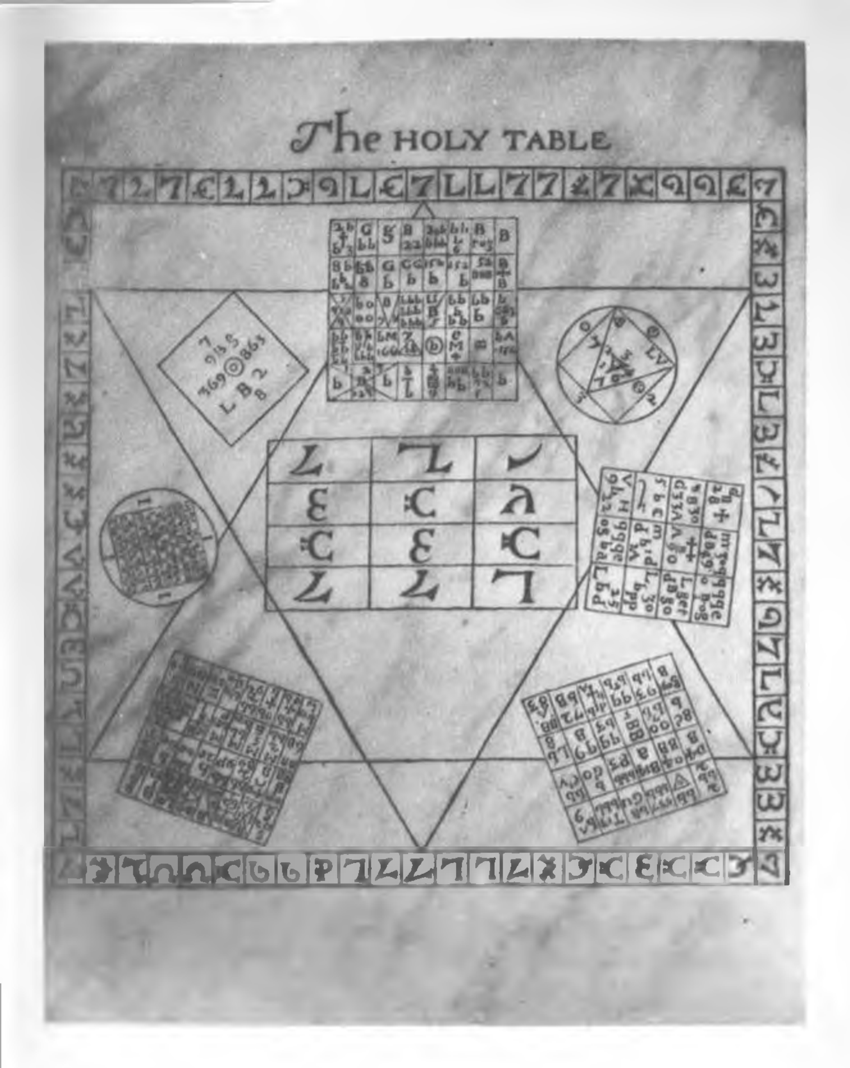
Llega a decir que en las estrellas se da

razón, conocimiento, ciencia, juicio, de donde proceden actos positivos y concretos desde la misma creación y comienzo del universo [24].

Y en otro lugar:

Por donde, no sin razón, Tales, como refiere Aristóteles en su libro *De Anima*, afirma que la piedra imán está animada, en cuanto parte de la madre tierra viviente y vástago suyo querido [25].

Este substrato hermético lo llevó a ensalzar las virtudes de Copér-



nico, a quien describió como «el restaurador de la astronomía». Gilbert alude al «primum mobile» de la astronomía aristotélica como algo «inadmisible», «esa ficción», «ese producto de la imaginación e hipótesis matemática».

Quedan así de manifiesto muchas de las ideas que hemos atribuido a la tradición mágica, sobre todo la condición viviente del mundo: una

creencia que distancia a Gilbert de los aristotélicos tanto como de los mecanicistas. Pero eso no le mengua su talento científico. Y hasta podemos afirmar que fue precisamente su creencia en el alma de la tierra la que le llevó a buscar una explicación a los fenómenos magnéticos, que dentro del paradigma aristotélico constituían sólo una curiosidad.

Desde esta perspectiva, Gilbert fue auténtico contemporáneo de John Dee (1527-1608), el personaje fascinante y misterioso que tendió un puente entre los dos mundos de la «magia» y de la «ciencia». De hecho, es imposible separar los intereses mágicos que albergaba Dee de los que en nuestros días consideraríamos como «legítimos» intereses científicos. Del mismo modo que Gilbert se sintió muy atraído por las teorías del Trismegisto, y escribió en su diario que habia prestado

> la mayor atención al espiritual consejo del doctor Hannibal, el gran teólogo que acaba de publicar sus comentarios sobre Pymander Hermes Trismegisto [26].

Un interés similar podría verse en la actividad científica del llamado «conde hechicero», Henry Percy, noveno conde de Northumberland, que estuvo preso en la Torre de Londres desde 1605 hasta 1621.

El puesto que corresponde a Percy en la tradición mágica se refleja en un poema de George Peele, donde venía descrito de este modo:

> Abandonando los comunes caminos trillados de nuestros maestros / y siguiendo las venerables huellas antiguas / de Trismegisto y Pitágoras / por rústicas e inaccesibles sendas / marchó hacia los campos amenos y espaciosos / de la ciencia divina y la filosofía [27].

Lo confirma también el hecho de que su biblioteca incluía el tratado de Bruno sobre Lulio (1588) y varios tratados de alquimia, así

como la *Magia Natural*, de Battista Porta (1585). Percy no fue un personaje aislado, sino mecenas de matemáticos ilustres, tales como Thomas Harriot (1560-1621).

Otro miembro del mismo grupo era Walter Raleigh (1552-1618), quien, al igual que el «conde hechicero», estuvo apresado en la Torre durante muchos años. El interés de Raleigh por los experimentos químicos hace mucho que se conoce. Más recientemente se ha prestado atención a la importancia que en la alquimia y la magia natural, en su *History of World* (1614). Raleigh elogió cuatro tipos de magia: la magia divina, la profecía y la astrología y magia química. De esta última escribió:

El tercer tipo de magia incluye toda la filosofía de la naturaleza; no los parloteos de los aristotélicos, sino lo que saca a la luz las virtudes íntimas y las toma del seno escondido de la Naturaleza, para uso de los hombres [28].

Entre los autores que menciona se hallan Hermes, Raimundo Lulio y Francesco Patrizzi, el platónico italiano Raleigh y Bacon escribían por las mismas fechas, pero representan dos distintas tradiciones científicas: una es neoplatónica y mágica, y la otra es neoaristotélica y anti-mágica.

Paracelso

Generalmente, las figuras de Copérnico y Paracelso no suelen relacionarse, y a primera vista tienen poco de común; pero si las aproximamos entre sí conseguiremos apreciar la fuerza de la «tradición mágica» en el siglo XVI.

De hecho, sólo aproximando a Copérnico y Paracelso se logra ver la configuración de la ciencia durante este período. En caso contrario, inevitablemente se exagerará el racionalismo y la unidad de la revolución científica.

Paracelso fue un profesor alemán, nacido no lejos de Stuttgart

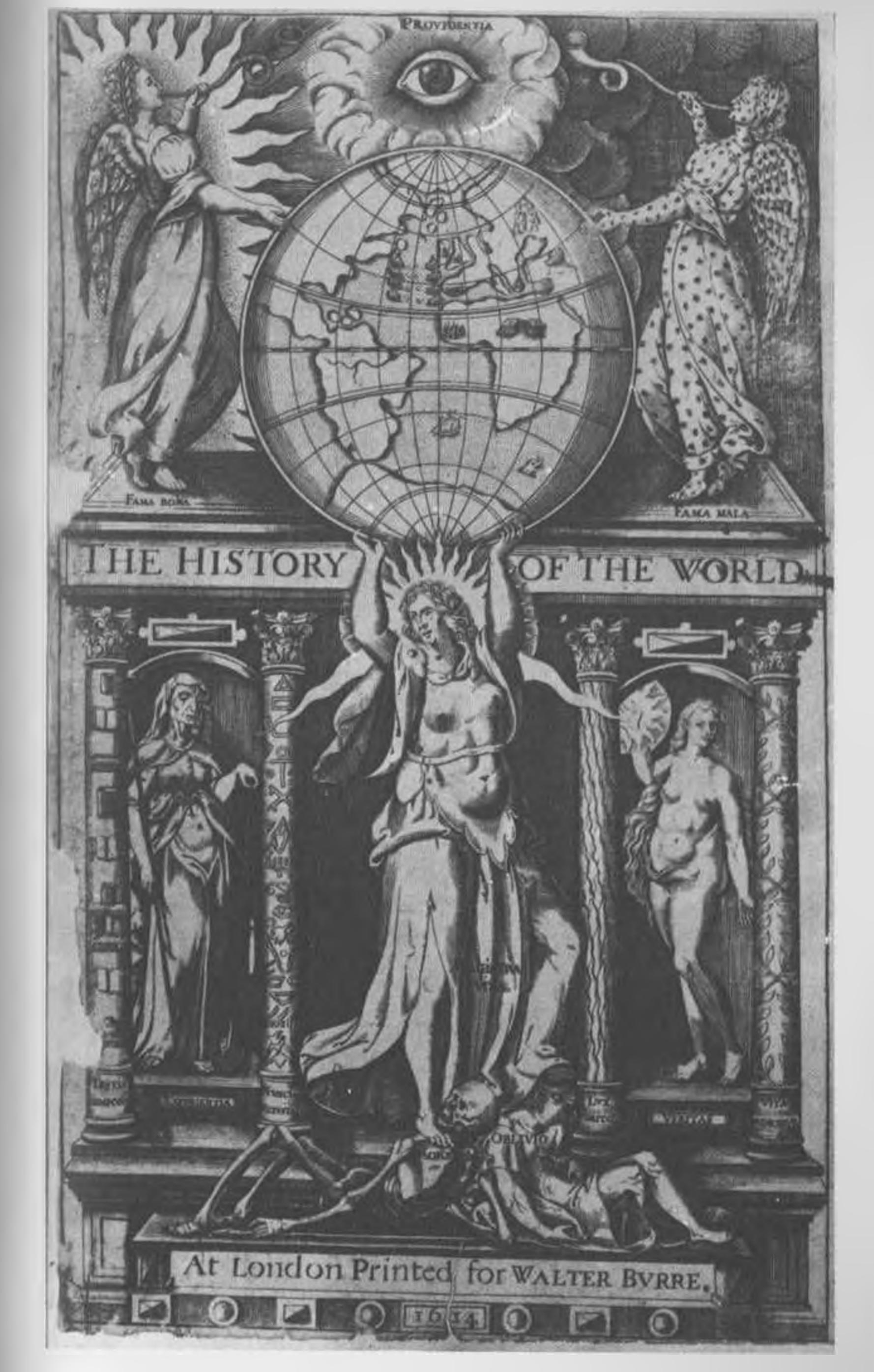
Portada de la *History of the World* (1614), de Raleigh, en donde aceptaba la doctrina de Hermes Trismegisto como auténtica. La portada tiene un tono adecuadamente moral, aunque algunos historiadores han querido leer «experiencia» como «experimento».

(1493-1547). Igual que Copérnico, estuvo en relación con la clase terrateniente, pero su vida se caracteriza por la simpatía hacia los grupos sociales inferiores de Alemania durante este período, sobre todo hacia los mineros y campesinos. Encontramos en él a un hombre con simpatías anabaptistas y defensor de los oprimidos. Esto, naturalmente, le hizo chocar con el conservadurismo social de la ortodoxia luterana y católica, y también de las universidades alemanas. Si Paracelso no causó un impacto serio en la medicina académica de su tiempo se debe a que fue tenido como elemento subversivo. Era anti-intelectual en cuanto anti-académico.

Paracelso tuvo como blanco principal la enseñanza de la medicina en las universidades, que se inspiraba en Hipócrates y Galeno. y, además, estaba demasiado al servicio de las necesidades médicas de los grupos sociales superiores. Los médicos universitarios tomaban por clientes a los terratenientes y burgueses. Los campesinos y labradores tenían que contentarse con los boticarios autodidactas, fieles a las normas o remedios tradicionales y a sus propias intuiciones. En realidad, resulta bastante difícil sentenciar cuál de estos grupos salía peor parado.

La medicina académica vivía de las ideas de dos milenios de tradición griega, según las cuales toda enfermedad corporal proviene de un desequilibrio en los cuatro humores: flema, irascibilidad, melancolía y sangre. Este desequilibrio era conocido con el nombre de «destemplanza», por lo que todas las enfermedades eran «destemplanza» en cierto sentido, y se creía que afectaba al cuerpo en su totalidad, y no sólo a una parte determinada. De ahí que el tratamiento se aplicara al cuerpo entero, tratando de equilibrar nuevamente los humores mediante las sangrías, o provocando vómitos o sudor. Esto era medicina griega, aún dominante en la Europa del siglo XVI entre quienes eran capaces de estudiarla y de brindar sus beneficios.

(Este cuadro es, desde luego, simplista. Acaso habría que distinguir entre la influencia de Hipócrates y la de Galeno; la tradición hipocrática insistía en la necesidad del reposo para lograr la cura;


PROVIDENTIA
FAMA BONA
FAMA MALA
THE HISTORY OF THE WORLD
OBLIVIO
At London Printed for WALTER BVRRE.
1614

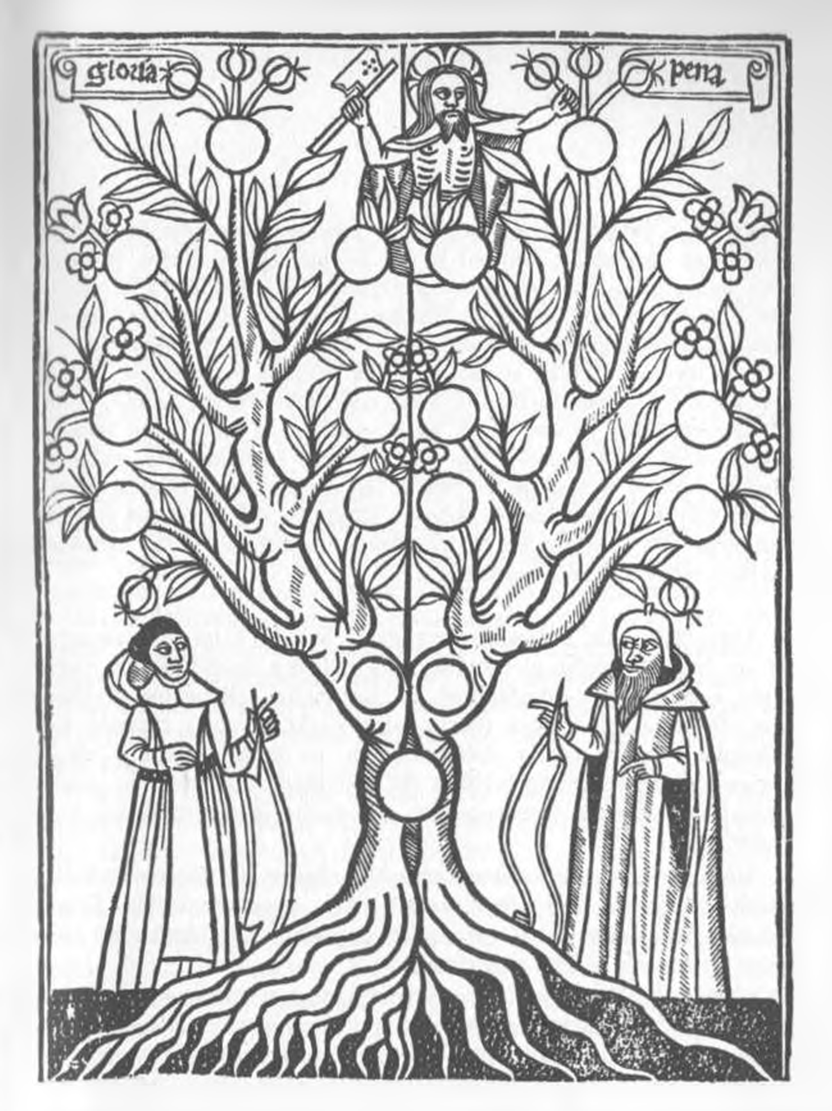
Raimundo Lulio (m. 1315), el «doctor iluminado», desarrolló el «método luliano», que gozó de cierta revalorización durante el siglo XVI. Este diagrama del «Arbol apostólico» formaba parte de un sistema unificado del conocimiento. Las ideas de Lulio se integran en una tradición que, en su creencia en los medios mecánicos como instrumentos para adquirir conocimientos, llegó hasta Bacon y Comenio.

pero, de hecho, fue la influencia de Galeno la que prevaleció en el período renacentista.)

Paracelso atacó la ortodoxia de Galeno debido a su antagonismo social innato hacia una élite privilegiada. Pero había también un motivo intelectual detrás de su radicalismo. Paracelso se inspiró sobre todo en las corrientes anti-aristotélicas de su tiempo y concretamente en el neoplatonismo de Ficino. Tomó la doctrina neoplatónica del macrocosmos y microcosmos y la aplicó al campo de la medicina. Consideraba los órganos del cuerpo humano como realidades análogas a las estrellas. El cuerpo humano era para él un microcosmos donde se hallaba representado cuanto existía en el universo: lo animal, vegetal, mineral y espiritual. La tarea del médico consistía en extraer remedios del macrocosmos para curar las enfermedades del microcosmos.

En cierto sentido, esto apuntaba hacia el progreso moderno mucho más que la doctrina galénica. Pero juzgar de este modo es perder de vista el substrato intelectual en donde Paracelso se formó. El mundo de Paracelso fue el mundo del excéntrico español Raimundo Lulio (1232-1315), de Nicolás de Cusa, Pico della Mirandola (1463-1494) y Ficino. Era retroceder al mundo panteístico de Plotino, en el que las sustancias naturales contenían «virtudes» de condición eterna y parte de la sustancia divina. El universo era un mundo mágico que tenía en Dios su mago. Un mundo lleno de secretos escondidos (lo oculto) que el médico tenía como misión descubrir o «sintonizar». Un mundo dominado por el espíritu, no por la materia; y, en consecuencia, distinto por completo del mundo mecanicista de Descartes y Hobbes. Pero no tan alejado del de Copérnico y Kepler, o del de Bruno y Fludd. El sitio de Paracelso en esta tradición no ofrece dudas.

Esto suena tan extraño a los oídos modernos como la doctrina galénica de los humores. Pero indujo a Paracelso a concentrar su atención en las áreas locales del cuerpo —el hígado, por ejemplo— más que en el cuerpo entero. Estimó que las enfermedades procedían de fuera del cuerpo, y no eran efecto de un desequilibrio en los humores; y trató de hallar remedios específicos para cada en-



fermedad en vez de recurrir a un tratamiento general, como las sangrías. La cura fijada por él para la hidropesía fue el mercurio:

Por ejemplo, el mercurio es el remedio específico para la hidropesía. Esta es debida a la segregación morbosa de la sal de las carnes, un proceso químico

de solución y coagulación. Como tal, este proceso no depende en absoluto de la propia complexión, sino que es una «virtud celeste» dotada de su peculiar «monarquía» a la cual se hallan subordinadas la cualidad y la complexión. El mercurio expulsará la sal disuelta —que ejerce una acción corrosiva dañosa para los órganos— y mantendrá el estado sólido —coagulado— de la sal en las carnes, donde es necesaria para evitar la putrefacción. El mercurio ejercerá su acción curativa de modo específico en todos, aunque en uno provoque vómitos y en otro sudor. Ni el vómito ni el sudor —los remedios universales de los antiguos— son, pues, factores curativos. Por eso, yerra quien dice que el paciente ha de curarse con el sudor o los vómitos, porque no considera la gran variedad de hombres, ni que los efectos de tales remedios constituyen sólo la expresión de las distintas reacciones de los individuos al mismo remedio, y no la cura misma[29].

Acaso más que cualquier otra cosa, lo que hizo Paracelso fue dar un fuerte impulso al estudio de la química dentro de un marco sujeto a disciplina. Apartándose de los cuatro elementos tradicionales de la ciencia griega (tierra, aire, fuego y agua) propuso tres principios: azufre, sal y mercurio, que no eran sustancias en el sentido moderno, sino principios de actividad, mediante los cuales Paracelso ofrecía un nuevo camino al estudio de la medicina y la «química».

Señalaba horizontes nuevos para el hallazgo de nuevos remedios químicos, y ponía otra vez el acento en la experimentación. Estaba naciendo la ciencia de la yatroquímica, donde la química se estudiaba en función de la medicina.

En lo que Paracelso difiere de Copérnico y Kepler es en su actitud frente a las matemáticas. El no consideró el universo como escrito en términos o caracteres matemáticos. Pero esta diferencia es, en cierto sentido, sólo marginal. Todos estos neoplatónicos creyeron en el mismo tipo de universo y todos buscaban el código que revelara sus secretos. Paracelso difiere de Copérnico en que vuelve su mirada hacia los laboratorios de la tierra —las minas en particular— más que hacia el laboratorio del cielo.

Paracelso sirve, pues, de lazo con el aspecto mágico y místico

del Renacimiento, al cual no se le dio, y quizá aún no se le ha dado, importancia suficiente. Por un lado, mira hacia atrás, al mundo medieval de Raimundo Lulio; y por otro, mira hacia adelante, al químico del siglo XVII Juan Bautista van Helmont (1577-1644). Si sus aportaciones no han sido justamente apreciadas es porque los historiadores de la ciencia han acentuado siempre el racionalismo en su trabajo científico. Mas si Paracelso fue un demente, lo fueron también Nicolás de Cusa, Copérnico, Kepler y hasta Newton.

Hemos insistido en la importancia de los postulados mágicos, religiosos y sociales de Paracelso, que le sirvieron de base para atacar a la ortodoxia de Galeno. Pero de ahí no podemos concluir, con excesiva precipitación, que su hincapié en localizar partes enfermas o en el uso de medicinas químicas sólo tuvo consecuencias positivas. De hecho, la insistencia de Paracelso en las causas locales pudo hacer olvidar a sus seguidores la unidad esencial del organismo humano, tan acentuada por la medicina moderna; y su empleo de medicamentos químicos quizá frenó el progreso tanto como lo impulsó. En resumen, no existían antiguos y modernos en el sentido que damos hoy a los términos.

Paracelso sacó muchas de sus ideas de la Cábala, otra fuente impregnada de neoplatonismo. La Cábala (literalmente «tradición») judía era un cuerpo de doctrina originario de la baja Edad Media, que interpretaba el Antiguo Testamento sirviéndose de métodos esotéricos, incluso con cifras. El cultivo del hebreo por estudiosos cristianos como Reuchlin (1455-1522) hizo la Cábala más fácilmente accesible a quienes buscaban sabiduría detrás del texto literal de las Escrituras. La Cábala y los escritos herméticos eran un reclamo parecido para el mismo tipo de hombres. Los neoplatónicos de Cambridge, por ejemplo, estudiaron la Cábala.

El mundo paracélsico, en cuanto que era neoplatónico, estaba vivo. Sus tres elementos eran fuentes de energía espiritual análogas a la Trinidad, de la que eran «reflejo». Todos los seres poseían una fuerza directiva espiritual (un *archeus*) que guiaba su desarrollo:

¿Qué sería el cuerpo sin el espíritu? Absolutamente nada. El espíritu y no el cuerpo guarda ocultos en sí mismo la virtud y el poder... (él) conserva vivo

Los azares de la medicina y de la cirugia en el siglo XVII. Reproducción de la portada del *De efficaci medicina* (1646).





Izquierda. Cottonwell, del *De historia stirpium comentarii* (1542), de Leonard Fuchs (1501-1566). En éste como en otros grabados del siglo XVI el arte y la ciencia van inseparablemente unidas. *Derecha.* «El gran herbario que procura perfecto conocimiento y entendimiento de todos los tipos de plantas y de sus preciadas virtudes... Londres, 1526.» Los herbarios eran catálogos y descripciones de plantas muy usados con fines médicos. El herbario más conocido fue el de Dioscórides (siglo I de la era cristiana), que apareció impreso en 1478.

al cuerpo; y, cuando éste fenece, el espíritu escapa y abandona el cuerpo muerto y vuelve al sitio de donde salió, al caos, al aire que hay debajo y encima del firmamento... sabed que el espíritu es la vida verdadera y el bálsamo de todas las cosas corpóreas.

Tras de su insistencia en los remedios químicos se oculta la idea de que está viviendo en un mundo mágico, donde ciertas sustancias materiales bien escogidas pueden conseguir efectos notables y hasta milagrosos.

Fue, pues, una concepción mágica y no «racional» la que empujó a Paracelso a asociar la química con la medicina.

Antes de él, el mundo de la alquimia mantenía estrechas relaciones con la búsqueda de la piedra filosofal capaz de transformar en oro los metales inferiores. Las probabilidades de éxito en la aventura eran escasas, por no decir mínimas, pero el grado de habilidad

Dē grotē herbarius met al sijn figuerē der Cruyden / om die crachten der cruyden te onderkennen.

Met een tafele vanden namen der cruyden in latijn [illegible] duytsche. ¶ Een Register om lichtelic te vindē die crachten teghen allerhande cranckheit. ¶ Een tractaet om alle Orijnen te iudiceren. ¶ Vanden canticlen der Orijnen pā Meester [illegible] op dat die Meester niet bedroghen en worde. ¶ [illegible] vā alle drogerien en medecijnē te [illegible]. Meester [illegible] der [illegible] ghebeenten. ¶ Een expert Tractaet voor persoonē / die op dorpen / en casteelen woonen / verre vā die Meesters / Omte makene Wondtrancke Salve en olien daer hem elck [illegible] Welck tractaet in die ander Herbarius niet en is. ¶ Een noch veel ander nootsakelijcke leeringhen / Weder verdruct int Jaer M.CCCCC. ende XLVII.



¶ Gheprint Tantwerpen / bi mi Simon Cock.

El ambiente en que se practicaba la alquimia queda bien reflejado aquí. Adviértase la referencia al vitriolo, los signos cabalísticos y los aparatos del laboratorio de un alquimista.

requerido era considerable. El alquimista empleaba muchas de las técnicas de la industria práctica, tales como el alambique y el soplado de vidrio. (Aquí la analogía es con Galileo, que echó mano de un instrumento práctico, el telescopio, para usarlo en la exploración de los cielos.)

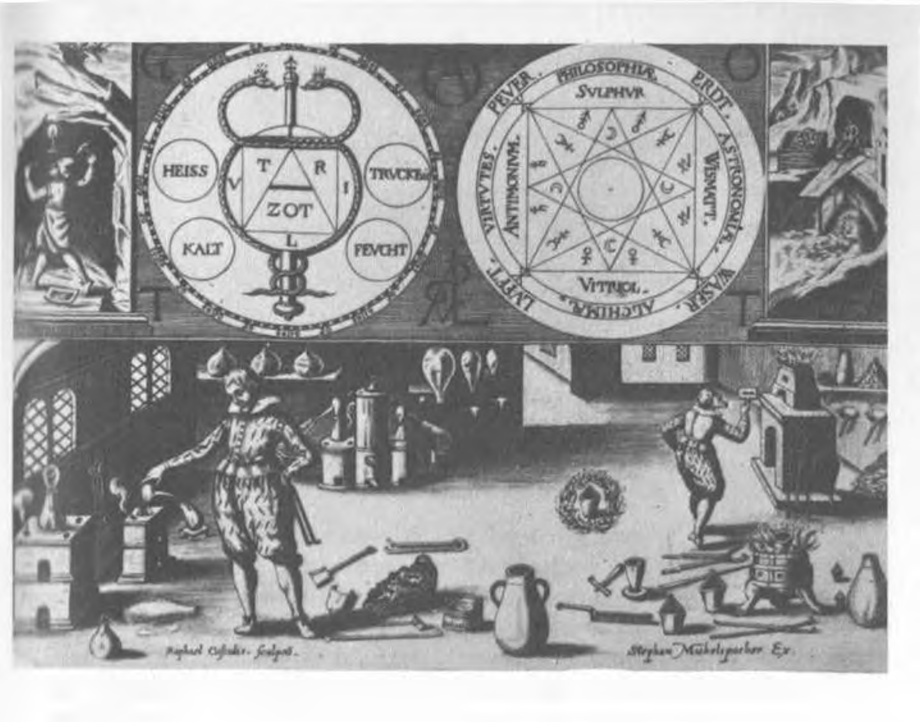
Apenas puede dudarse de que la alquimia experimentó un auge durante el Renacimiento. Las fábulas clásicas fueron reinterpretadas como fuentes de conocimientos de alquimia. La leyenda del Vellocino de Oro, por ejemplo, servía de inspiración al alquimista que buscaba la piedra filosofal. Pero la naturaleza misma de la alquimia tendió a impedir su desarrollo a gran escala. El alquimista guardaba celosamente los secretos técnicos de sus éxitos y arropaba sus ideas con un lenguaje intencionadamente oscuro para que los competidores no pudieran dar con la pista.

Sobre este telón de fondo, la aportación de Paracelso parece que consistió en llevar la alquimia al dominio más diáfano de la yatroquímica y la medicina. Dando a los términos un valor relativo. Paracelso encarnó una actitud más abierta y menos misteriosa en el campo de la alquimia. Quería diseminar el evangelio de los tres elementos, no ocultar su luz bajo un celemín. También su lenguaje fue oscuro, pero no intencionadamente; la oscuridad se debe a la naturaleza de las ideas.

Rudolph Glauber, químico del siglo XVII, describió de manera intencionadamente maliciosa su método de producir *sal mirabile* (sulfato de sodio); aunque su motivo al obrar así —el derecho exclusivo a la patente y a su explotación— sea «razonable» para nuestro modo de ver.

Van Helmont

La influencia de Paracelso aumentó sin duda a lo largo de los cien primeros años que siguieron a su muerte, sobre todo entre los boticarios, que se encargaban de la preparación de remedios. Y, puesto que los boticarios eran tenidos como socialmente inferiores a los



médicos, la defensa de la yatroquímica paracélsica adquirió tonos de radicalismo social.

En tales circunstancias es raro descubrir que el paracélsico más relevante del siglo XVII fue un hombre noble de nacimiento: Juan Bautista van Helmont (1577-1644). Helmont vivió en los Países Bajos dominados por España, donde prevalecían los valores aristotélicos; pero sus opiniones tuvieron poco que ver con ese entorno social, contra el que reaccionó desde muy joven. Durante gran parte de su vida estuvo vigilado de cerca por la autoridad eclesiástica. Sus creencias paracélsicas parece que eran miradas como socialmente subversivas y políticamente peligrosas.

De estudiante, Helmont se apartó del escolasticismo de sus maestros para entregarse al estudio de la Cábala, el misticismo y la magia. Obtuvo el grado de Doctor en Medicina por Lovaina a la edad de treinta años (1609), tras un período de vagabundeo que le procuró en determinado momento una oferta de empleo por el mecenas imperial de Kepler, Rodolfo II. Nunca se vio libre de la vigilancia

de la Inquisición, desde el año 1621 en adelante. Helmont decía ser ortodoxo y querer someterse a la Iglesia en asuntos tales como el copernicanismo; pero apenas cabe duda de que sus intereses paracélsicos le arrastraban a afirmaciones consideradas peligrosas frente a los patrones por los que se guiaba la autoridad.

Helmont criticó sin desmayo la ortodoxia de las universidades, y durante toda su vida sostuvo un duro ataque contra la medicina académica de Galeno. Personalmente rechazaba como absurda la doctrina galénica de los humores:

He mostrado la inutilidad y falsedad del recurso a los humores, mediante el cual los médicos, partiendo de bases falsas, han embaucado al mundo entero, hecho el papel de enterradores, destruido familias, ocasionado viudas y huérfanos por decenas de millares (*Opera Omnia*, p. 1.013).

Entre las razones por las que Helmont rechazaba la doctrina de las escuelas no fue la menos importante el paganismo de éstas. El no creía que Dios hubiese revelado el don del sanar a los autores paganos. Por donde todo el que asintiese a la doctrina de las «escuelas paganas» quedaba, claro está, excluido de «los verdaderos principios de la salud».

Los intereses médicos de Helmont aparecen más claramente en sus tratados sobre los cálculos y las sangrías. En ambos casos rechazaba las ideas que servían de base a los remedios de Galeno. Mas sus curas descansaban en presupuestos acerca de Dios, la Naturaleza y el Hombre. Helmont insistió en el papel decisivo de la fuente espiritual de la vida:

La vida es una luz y un principio formal por el que los seres ejecutan lo que se les ordena hacer; pero esta luz es don del creador... [de quien procede] como el fuego del pedernal (*Opera Omnia*, p. 744).

El alma deja su sello en el flujo de la existencia material.

Pero la caída de Adán cambió el carácter de las relaciones del

hombre con el mundo natural. Antes de ella, el principio espiritual del hombre, su mente inmortal, actuaba directamente sobre la naturaleza. Después de la caída, la mente inmortal se debilitó y se vio obligada a actuar indirectamente por medio del alma. Para Helmont el alma está después de la mente en categoría. El papel del filósofo consiste en reconocer la estructura fundamental de la realidad y crear la situación en donde la mente pueda obrar con mayor eficacia sobre el alma y, en última instancia, sobre los principios o gérmenes (*archeus*) de las cosas. He aquí la teoría de Helmont de acuerdo con sus propios términos.

El alma sensitiva mortal coexiste en el hombre [en su estado presente] con la mente [*mens*] inmortal, de modo que el alma es, por decirlo así, la envoltura o la concha de la mente, y ésta obra a su través de tal manera que a una orden de la mente el alma hace uso de los *archeus*, tanto si le gusta como si no. Antes de la caída de Adán, el hombre poseía sólo la mente inmortal, que actuaba de forma directa sobre los *archeus*, poniendo en juego todas las funciones vitales, y el hombre era inmortal, y las sombras de la bestia no oscurecían su entendimiento. Tras la caída, Dios introdujo en el hombre el alma sensitiva, y con ella la muerte, y así la mente inmortal volvió al alma sensitiva y se convirtió, por decirlo de algún modo, en su núcleo [30].

Sus ideas acerca de fermentos y gérmenes especiales en los distintos órganos del cuerpo le llevaron a postular diferentes procesos químicos y a atisbar el concepto moderno de enzima. Parece que fue también Helmont el primero en describir la función de los ácidos digestivos en el estómago.

Helmont se entregó, además, al estudio de los gases, movido por sus ideas anti-galénicas. Y habló de «un gas espiritual que contenía un fermento... [ya que] una cosa no se cambia en otra sin [la acción de] un fermento o germen». Describió igualmente cómo la adición del ácido nítrico a la sal amoníaca producía un espíritu violento que podía hacer estallar una vasija cerrada. Fenómeno que

comparó al «caos» griego, de donde tomó el nombre de gas. A este gas particular lo llamó *gas silvestre*. Identificó, además, otros gases, todos ellos desconocidos para los galénicos, aunque algunos diferían sólo en el nombre. Entre ellos están el *gas carbonum*, el *gas pingue* y el *gas sulfuris*.

A través de toda su actividad científica, Helmont planteó para la ciencia una serie de cuestiones que nunca habían pensado proponerse a sí mismas ni la tradición aristotélica ni la tradición mecanicista.

Helmont se daba cuenta de pertenecer a la misma tradición que Paracelso, aunque rechazara los conceptos paracélsicos de «macrocosmos» y «microcosmos». Se refirió en muchas ocasiones a Paracelso como el primero en enfrentarse con la doctrina galénica de los humores. Sufrió la influencia de William Gilbert. Citó a Taulero, escritor religioso del siglo XV, y sus impugnaciones del ateísmo le ganaron la aprobación de los platónicos de Cambridge. Las doctrinas helmontianas gozaron de cierta boga en la Inglaterra de mediados del siglo XVII, y el hijo de Helmont, Francis Mercury, hizo allí una visita prolongada.

Uno de los atractivos de la doctrina de Helmont en su tiempo fue el que ofrecía una respuesta al mecanicismo. La insistencia en la soberanía de la mente inmortal sobre la naturaleza le valió la simpatía de cuantos consideraban en peligro la doctrina cristiana. Para el helmontiano, Dios no era un ingeniero, sino un artista que

> al igual que un pintor, primero concibe en su mente una idea espiritual del cuadro que pretende hacer, y luego, mediante mociones peculiares de su mano que obedecen a la idea antedicha, ejecuta una pintura perfecta, que corresponde a la de su mente [51].

Esta cita, tomada de un helmontiano inglés, Thomas Shirley, pone de relieve con fuerza característica esa tendencia sobre el papel directivo de la mente.

Podemos terminar con un poema dedicado a Helmont por un contemporáneo suyo:

Cierra tus escuelas, oh Galeno, que bastantes hombres han matado.
Ya basta, es suficiente:
sepulturas repletas nos circundan aún
porque la sangría y el clister son tus medicinas.
Nada a menudo ofreces,
mas la esperanza en ti puesta llega hasta el día fatal.
En el latir de una vena, mientras tanto, en el ahogo
de una lengua abrasada, y en la orina,
tu arte ha desmayado por completo,
y asi fue a la basura.
Suministrarle alguna medicina en nada alivia al hombre enfermo,
juzgado innecesario el examen del mal;
y aunque de un médico esperes el gran premio,
tras del hombre envuelto en el misterio
está rondando el Perro y merodea
la especie de malsanas alimañas.
Helmont es él solo capaz,
con su arte de Apolo,
de arrancar de las fauces de la Muerte
al hombre que los otros abandonan
a una agonia cruel. (*Opera Omnia*, p. 811.)

Kepler

En la obra del astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630), la tradición mágica alcanzó uno de sus momentos críticos. Kepler fue copernicano convencido durante su juventud, lo que le señaló como excepción entre los astrónomos contemporáneos y le hizo sentirse miembro de una pequeña minoría oprimida. Por esta causa instó a Galileo a que hablase claramente en defensa de la cosmología co-

El famoso observatorio de Tycho Brahe, en Uraniborg, en la isla de Hveen, cerca de la costa de Dinamarca. Tycho (1546-1601) hizo complicados horóscopos a distintos miembros de la familia real danesa. Abajo a la izquierda aparece la villa del emperador Fernando en Praga, desde donde Tycho hizo observaciones en 1600-1601.

pernicana. El hecho de que el copernicanismo se tuviera aún como actitud excéntrica en el año 1600 merece resaltarse, porque deja sentado como punto de partida que Kepler fue también un excéntrico.

El papel de Kepler dentro de la tradición mágica se caracterizó por dos factores. El primero fue la ingente cantidad de observaciones astronómicas recogidas por el danés Tycho Brahe (1546-1601), y de las que Kepler supo aprovecharse. El segundo, la influencia que ejercieron los trabajos de Gilbert en la formulación de las hipótesis cosmológicas de Kepler.

El interés de Tycho por la astronomía se debió a una obsesión enorme por la astrología, que lo empujaba hacia la magia natural. Se dedicó a fabricar instrumentos que le permitiesen reproducir el firmamento estrellado con una precisión hasta entonces desconocida; pero esto no se reducía a una curiosidad científica desinteresada. Se trataba de un entusiasmo nacido de la idea de que un conocimiento mejor de las estrellas y planetas abriría el camino a horóscopos mucho más precisos. La información así recogida no pensaba constituían una colección particular de datos que buscaba aumentar para lograr una indiscutible posición de privilegio en el campo de la astrología. Apoyándose en sus observaciones pensaba convertirse —como se convirtió, de hecho— en el astrólogo *por excelencia.*

La carrera de Tycho es muy interesante porque muestra hasta qué punto la solicitud astronómica del siglo XVI brota de una credulidad casi religiosa en la importancia de las estrellas. Tycho se parece a los grandes científicos del siglo XIX por su entrega a la observación; pero la semejanza se para ahí. Tycho era un místico que buscaba su salvación en el firmamento estrellado, y que guardó celosamente los resultados de sus exploraciones. Si Kepler pudo aprovecharse de los datos de Tycho para sus propósitos personales fue porque aceptó el puesto de «ayudante de investigación» en el equipo del astrónomo danés. La información, pues, no se puso libremente al servicio del progreso doctrinal y de la revolución científica. La



B
A
C
D
E

Una página de *Astronomia Nova* (1609), de Kepler, en que se vale de lo observado en Marte por Tycho Brahe para apoyar la cosmología de Copérnico. Cada uno de los diseños ilustra la marcha de Marte según Copérnico, Ptolomeo y Tycho, respectivamente. La teoría heliocéntrica del primero era la más sencilla de entender, pero su creencia en que las órbitas eran circulares planteaba muchos problemas falsos. Kepler fue, sin embargo, el que demostró que las órbitas eran elípticas.

ciencia de Tycho fue esencialmente esotérica dentro de la gran tradición mágica.

Si las observaciones de Tycho le sirvieron a Kepler de instrumentos para atestiguar sus hipótesis, la teoría del magnetismo de Gilbert sirvió de estímulo para su imaginación. Siguiendo a Gilbert, Kepler vio la tierra como un imán enorme; pero fue más allá al aplicar el concepto de atracción mágica a todo el sistema planetario. El magnetismo, tal como Kepler lo vio, dejó de hacer necesaria la inteligencia sideral para guiar a los planetas en sus órbitas. Y suministraba un indicio de que los lazos misteriosos existentes entre el sol y los planetas podían debilitarse a medida que aumentara la distancia. Al volverse hacia Gilbert, Kepler se volvió hacia un hombre de espíritu parecido al suyo que le facilitó pruebas demostrativas de la hipótesis copernicana dentro de la tradición mágica.

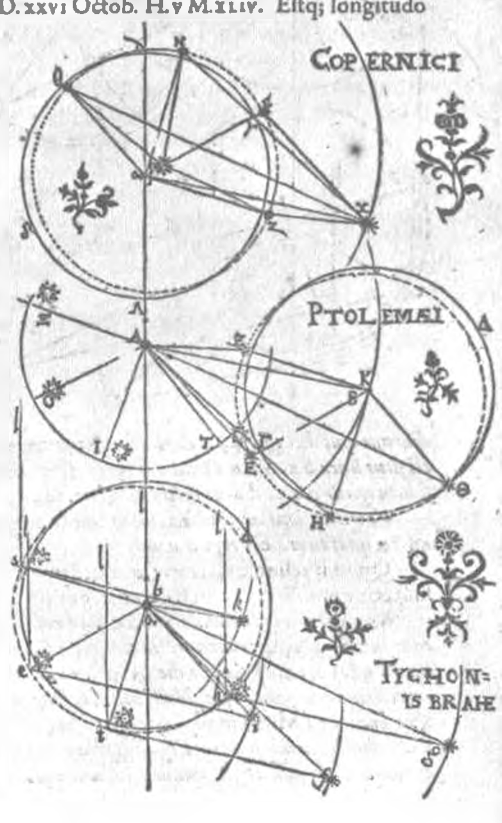
Kepler fue luterano desde su nacimiento y se educó en la Universidad luterana de Tubinga. Como estudiante sin recursos, su carrera más indicada parecía ser la de la Iglesia; pero sus ideas religiosas no eran ortodoxas, o no las creyeron tales los superiores. Se convirtió en profesor de matemáticas en el seminario protestante de Graz, que se hallaba vinculado a la Universidad de Tubinga. Mientras ocupó este humilde puesto de profesor (1594-1600), Kepler escribió su primera obra de envergadura: *Mysterium Cosmographicum*. La escribió antes de verse influenciado por Gilbert y antes de conocer a Tycho. Aunque era algo mucho más modesto que un tratado de especulación cosmológica, como sugiere el título, Kepler pretende mostrar en ella que las esferas de los seis planetas (incluida la tierra) del sistema copernicano corresponden a los cinco sólidos perfectos de Euclides: el tetraedro, exaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro:

La tierra [escribió] es la medida de todas las demás órbitas. Circunscribe un dodecaedro regular alrededor; la esfera que lo circunde será la de Marte. Haz que la órbita de Marte sea circunscrita por un sólido de cuatro caras; la esfera que se describa alrededor será la de Júpiter. Circunscribe la órbita de Júpiter con un cubo; la esfera descrita alrededor será la de Saturno.

Jam postquam semel hujus rei periculum fecimus, audacia subvecti porro liberiores esse in hoc campo incipiemus. Nam conquiram tria vel quotcunque loca visa MARTIS, Planeta semper eodem eccentrici loco versante: & ex iis lege triangulorum inquiram totidem punctorum epicycli vel orbis annui distantias a puncto æqualitatis motus. Ac cum ex tribus punctis circulus describatur, ex trinis igitur hujusmodi observationibus situm circuli, ejusque augium, quod prius ex præsupposito usurpaveram, & eccentricitatem a puncto æqualitatis inquiram. Quod si quarta observatio accedet, ea erit loco probationis. CAP. XXIV.

PRIMUM tempus esto anno MDXCX D. V Martii vesperi H. VII M. X eo quod tunc ♂ latitudine pene caruit, ne quis impertinenti suspicione ob hujus implicationem in percipienda demonstratione impediatur. Respondent momenta hæc, quibus ♂ ad idem fixarum punctum redit: A. MDXCII D. XXI Jan. H. VI M. XLI: A. MDXCIII D. VIII Dec. H. VI. M. XII: A. MDXCV D. XXVI Octob. H. V M. XLIV. Estq; longitudo Martis primo tempore ex TYCHONIS restitutione 1. 4. 38. 50: sequentibus temporib. toties per 1. 36 auctior. Hic enim est motus præcessionis congruens tempori periodico unius restitutionis MARTIS Cumq; TYCHO apogæum ponat in 23½ ♌, æquatio ejus erit 11. 14. 55: propterea lógitudo coæquata anno MDXC 1. 15. 53. 45.

Eodem vero tempore & commutatio seu differentia medii motus SOLIS a medio Martis colligitur 10. 18. 19. 56: coæquata seu differentia inter medium SOLIS & MARTIS coæquatum eccentricum 10. 7. 5. 1.



PRIMUM hæc in forma COPERNICANA ut simpliciori ad sensum proponemus.

Sit α punctum æqualitatis circuitus terræ, qui putetur esse circulus δγ ex α descriptus: & sit Sol in partes β, ut αβ linea apogæi

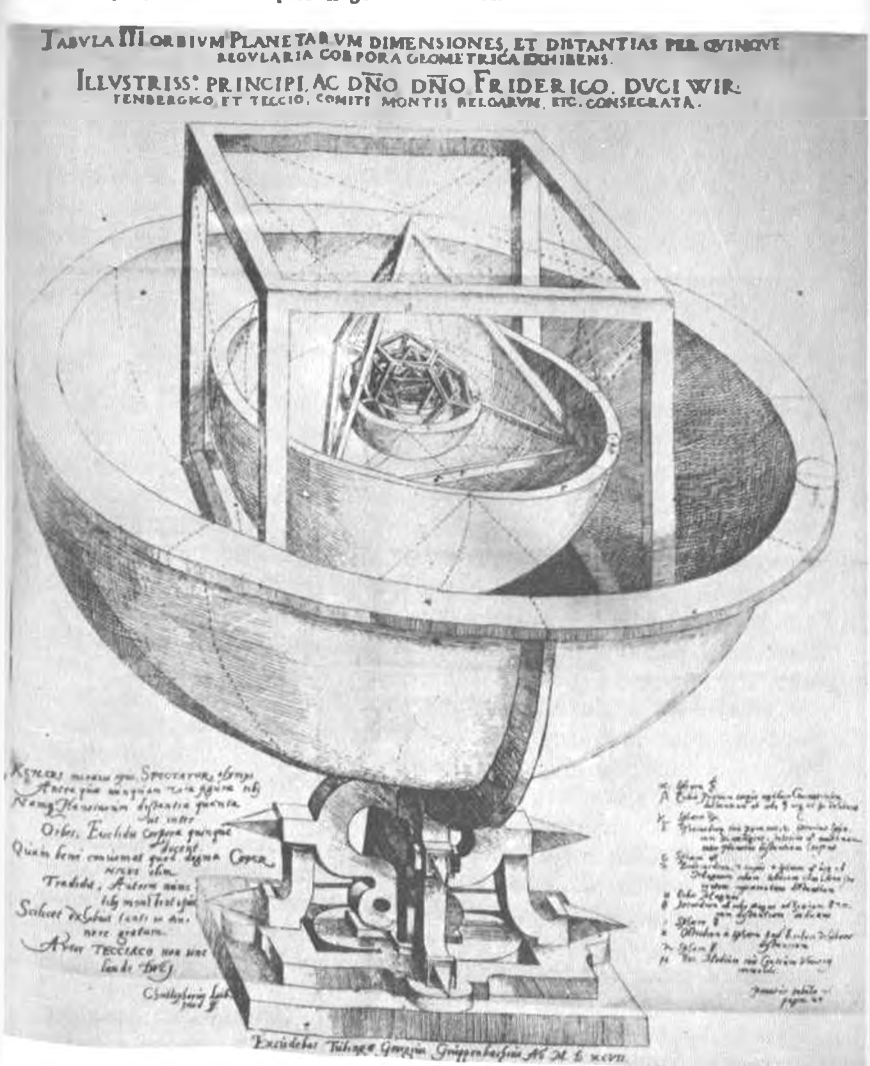
Ahora pon una figura de veinte caras en la órbita de la tierra; la esfera inscrita en ella será la de Venus. Coloca un octaedro en la órbita de Venus; la esfera inscrita en ella será la de Mercurio. Ahí tienes la base del número de los planetas [32].

El interés de este pasaje es doble. Primero, nos revela al Kepler pitagórico que trata de aplicar al cosmos las razones matemáticas que Pitágoras había descubierto en la música. Segundo, nos muestra al Kepler copernicano que acepta la tierra como planeta. Las dos vertientes son inseparables. Kepler no pretendía únicamente descubrir las órbitas de los planetas; intentaba a la vez explicar *por qué* hay sólo seis. En otros términos, trataba de penetrar en la mente o intención de Dios. Dios creó el cosmos guiándose por las leyes divinamente inspiradas de la geometría. De ahí que las conclusiones de Kepler fueran místicas y geométricas al mismo tiempo. Verdad es que el *Mysterium Cosmographicum* fue la obra primeriza de Kepler, escrita por un joven de veinticinco años; pero un tono parecido podemos hallarlo también en sus obras de madurez.

El libro siguiente, titulado *Astronomia Nova*, lo escribió hacia 1605-1606, aunque no se publicó hasta 1609. Para entonces se había trasladado a Praga, primero como ayudante de Tycho y luego como astrónomo imperial de Rodolfo II. Fue durante este período cuando leyó el *De Magnete*, de Gilbert, que influyó poderosamente sobre él. Parece que después de escribir el *Mysterium Cosmographicum*, Kepler se entregó más intensamente al estudio de las matemáticas.

La *Astronomia Nova* fue la primera obra revolucionaria sobre astronomía desde el *De Revolutionibus*, de Copérnico. Kepler propuso en ella dos innovaciones radicales. Ante todo, afirmó que los planetas se movían en órbitas elípticas alrededor del sol; y en segundo lugar, que la velocidad de los planetas al recorrer sus órbitas no era uniforme. Estas dos proposiciones fueron la base de las dos primeras leyes de Kepler y deben mucho a la influencia de Tycho y Gilbert. Los datos suministrados por Tycho le sirvieron para atestiguar sus hipótesis, o para rechazarlas cuando no se ajustaban a

Kepler quedó convencido en 1595 de que la estructura del sistema planetario se basaba en los cinco poliedros regulares, y trató de persuadir a Federico, Duque de Württemberg, de que se mandase hacer una copa según el modelo del universo. Cada una de las esferas planetarias ofrecería su propia bebida, desde el *aqua vitae* del sol hasta el «vino añejo malo» de Saturno. Esta idea fue abandonada, primero en favor de un globo y luego de un planetario móvil, pero ninguno de los proyectos de Kepler llegó a realizarse.





Retrato de Johannes Kepler (1571-1630), cuyos descubrimientos astronómicos constituyeron una transición esencial entre el mundo de Tycho Brahe y el mundo newtoniano.

los hechos. Sólo tras muchas formulaciones se decidió Kepler a aceptar la elipse como órbita planetaria. Las teorías magnéticas de Gilbert le proporcionaron una idea que le permitió aceptar la posibilidad del movimiento planetario según velocidades variables, fenómeno que podía explicarse por la debilitación de la fuerza magnética al aumentar la distancia entre ellos y el sol.

Aparte de su deuda con Tycho y Gilbert, Kepler debió muchísimo a la fuerza sustentadora de su creencia pitagórica en la matemática del universo. Kepler se resistió a darse por vencido cuando un fracaso seguía a otro y los hechos no se ajustaban a sus hipótesis sucesivas. Esa tenacidad provenía de su convicción casi religiosa de que Dios había creado el universo según leyes matemáticas.

Las dos primeras leyes de Kepler modificaban radicalmente no sólo el sistema ptolemaico, sino también el copernicano, tal como se expuso originalmente en 1543. Copérnico sostuvo la idea del movimiento circular, que inevitablemente implicaba el sostenimiento de los epiciclos como parte de su explicación. También supuso que los planetas se movían con velocidad uniforme. Pero Kepler echó por tierra ambas suposiciones, al menos en teoría. De hecho, su *Astrono-*

mia Nova tuvo escasa resonancia. Kepler era demasiado neoplatónico para la mayor parte de sus colegas astrónomos, y demasiado matemático para sus colegas neoplatónicos. Esta obra, que a nosotros nos parece tan revolucionaria, apenas fue tenida en aprecio hasta que Isaac Newton descubrió su verdadero valor, más de cincuenta años después de su publicación. Galileo y Descartes, los científicos más prestigiosos del siglo XVII —con anterioridad a Newton—, aceptaron como axiomático que los planetas se movían en órbitas circulares y a velocidad uniforme, y por eso rechazaron las teorías de Johannes Kepler, considerándolas simplemente como especulaciones infundadas.

La tercera gran obra de Kepler, *Harmonices Mundi*, publicada en 1619, fue fruto de los años pasados como matemático en la escuela protestante de Linz, a donde se trasladó en 1612, después de la muerte de Rodolfo II. En este libro, Kepler, tomando por base su primera obra, pero acaso también como reacción frente a la precariedad de su vida cotidiana, ensayó una síntesis neoplatónica y trató de exponer el lenguaje matemático del Creador en casi todos los aspectos del universo. El interés del libro para los astrónomos posteriores radica en la exposición de su tercera ley, a saber: que se da una razón constante entre el cuadrado del período planetario de revolución y el cubo de la distancia media de los planetas al sol.

Mas esta ecuación, probativa de que Dios era, ante todo, un matemático, se hallaba casi perdida en un montón de especulaciones neoplatónicas.

Lo que el historiador no debe hacer es separar al Kepler científico del Kepler místico neoplatónico. Kepler no se hubiera planteado la cuestión del fundamento de las teorías cosmológicas existentes si no hubiese sido neoplatónico desde el principio. Esto nos lo avala su *Mysterium Cosmographicum*. Pero el tono empleado en esa obra de 1597 puede hallarse también en su lenguaje de veinte años más tarde al describir cómo

me siento arrastrado y poseído por un rapto indecible en torno al divino espectáculo de la armonía celestial [33]

Y en *Harmonices Mundi* (1619) habla de cómo «las configuraciones empiezan a tocar: la naturaleza sublunar danza al son de la música»[34].

En este último libro Kepler aplicó a los planetas la analogía de la música polifónica moderna. Cada planeta tiene su propia partitura y el momento cumbre musical se produce en los acordes que los seis planetas tocan conjuntados. El Dios de Kepler era, pues, un artista que se complacía en el instrumento músico creado por él. «Los movimientos de los cielos —escribió— no son, pues, sino un concierto perenne», hecho de música racional (no audible). Si la música polifónica causaba tanto placer era por ser reflejo de la música celestial.

Como Gilbert y Bruno, Kepler creyó que el sol era un alma. Su copernicanismo original, manifestado en el *Mysterium Cosmographicum*, se apoyaba en la idea de que el sol, en cuanto «fuerza» espiritual que actúa a distancia, era responsable del movimiento de los planetas en sus órbitas. Se expresó de este modo:

Si queremos acercarnos a la verdad y establecer alguna correspondencia en las proporciones [entre las distancias y velocidades de los planetas] debemos elegir entre estos dos supuestos: o las almas que mueven a los planetas son menos activas cuanto más se distancia el planeta del sol, o sólo existe un alma motora en el centro de todas las órbitas, es decir, el sol, que mueve a los planetas más vigorosamente cuanto más cerca se hallan, pero cuya fuerza casi se extingue al actuar sobre los planetas alejados, a causa de la gran distancia y la debilitación de fuerza que esto ocasiona[35].

Kepler creyó en la existencia del alma de la tierra, que percibía las relaciones geométricas y expulsaba los «humores subterráneos» (nuestros volcanes y terremotos) cuando los rayos planetarios se encontraban en un ángulo apropiado:

Es costumbre de ciertos médicos —escribía Kepler— curar a sus pacientes

mediante una música agradable. ¿Cómo puede la música influir en el cuerpo de una persona? Pues del mismo modo que el alma de la persona, al igual que la de algunos animales, cuando oye la armonía se alegra de ella, se siente aliviada y por su medio se vuelve más fuerte dentro del cuerpo, de modo parecido, también la tierra se ve afectada por la armonía y la música dulce. Porque en la tierra no existe sólo la humedad inerte y desprovista de razón, sino también un alma inteligente que empieza a danzar cuando las circunstancias tocan para ella. Si se dan circunstancias nefastas, el alma cumple su función con mayor violencia, lanzando vapores hacia arriba y produciendo toda suerte de tormentas; mientras que, si no se da ninguna circunstancia adversa, se mantiene tranquila y no produce más exhalación que la necesaria para los ríos [86].

Kepler consideraba el papel del científico análogo al del sacerdote o al del profeta; el poeta, el amante y el científico eran de imaginación parecida. En *Harmonice Mundi* refirió cómo

me entregué al frenesí sagrado, robé los vasos de oro de los egipcios para hacer con ellos un tabernáculo sacro a mi Dios, lejos de las fronteras de Egipto [87].

Dios no fue para Kepler un lógico o un ingeniero, sino un mago travieso que dejó sus huellas en el universo para que nosotros las descubriéramos. El mundo de la naturaleza poseía para él señales o marcas dejadas por Dios en calidad de claves indicadoras del verdadero significado o utilidad de las cosas. Y así, una planta destinada a curar una enfermedad concreta llevaría sobre sí una «marca» que lo indique.

Dios mismo —escribió— era demasiado bueno para permanecer ocioso, y empezó a jugar el juego de los signos, dejando marcada su semejanza en el mundo; por eso, me atrevo a pensar que la naturaleza entera y el maravilloso firmamento están simbolizados en el arte de la geometría [88].

En el trabajo científico de Kepler descubrimos un estilo pecu-

liar que tiene tanto en común con Pico, Lulio y Paracelso, como con Galileo. Kepler se parece más a Miguel Angel que a Leonardo en su búsqueda de la armonía invisible de la naturaleza. Es verdad que chocó con el inglés Robert Fludd a causa del uso hermético y místico que éste hacía de los números. Sin embargo, desde nuestra perspectiva temporal, Kepler y Fludd se nos antojan mucho más cercanos entre sí de lo que les pareció a ellos mismos o a sus coetáneos. Kepler fue un matemático genial, pero reflexionó «more hermetico», al estilo del neoplatonismo.

5 El mundo como máquina

Galileo

La interpretación mecanicista de los fenómenos naturales, como hemos dicho anteriormente tuvo su origen en la Italia renacentista. Las máquinas de Leonardo, los intereses mecánicos de Nicolás Tartaglia y la restauración ideológica de Arquímedes forman parte de un mismo conjunto de ideas que acentuaba la interacción predecible de fuerzas mecánicas en la naturaleza. Leonardo, por ejemplo, con su máquina voladora intentó reproducir a nivel mecánico los vuelos naturales de las aves. Mas durante el siglo XVI la corriente mecanicista estuvo confinada a un área experimental muy reducida.

Sólo en la centuria siguiente tomó cuerpo la idea —iniciada con Galileo y desarrollada por Mersenne y Descartes— de considerar la naturaleza *entera* en un contexto mecanicista.

El mecanicismo moderno empezó con Galileo, mas no fue él quien inventó el concepto. Una de las influencias más decisivas en su visión científica fue, indudablemente, la de Arquímedes, a quien menciona un centenar de veces, a menudo en términos de la mayor reverencia («el muy divino Arquímedes»). Galileo fue también discípulo espiritual de Tartaglia, aunque aplicó sus métodos a una gama más amplia de problemas teóricos. Esta mentalidad mecanicista se puso de manifiesto ya cuando Galileo era estudiante en la Universidad de Pisa, y aún prevalecía en él cuando escribió sus *Discursos acerca de las dos nuevas ciencias*, obra publicada en 1638, hacia el término de sus días.

Galileo es recordado principalmente en los manuales a causa de su enfrentamiento con la Inquisición papal en torno a la teoría copernicana del universo. Este episodio tiene todos los caracteres de un gran drama, pero es tal vez desorientador si se toma por guía para penetrar en la mentalidad de Galileo. Porque nos induce a alinearlo con Copérnico, Bruno y Kepler en la tradición neoplatónica de la filosofía natural, cuando la verdad parece ser que Galileo se apropió la cosmología heliocéntrica con miras a sus propios fines, y la integró en un marco referencial enteramente distinto. Lo que Descartes

Galileo (1564-1642) presentando
su telescopio a las musas y señalando
un sistema heliocéntrico. Esto implica
que la astronomía era aún una
de las artes liberales.



haria más tarde con la circulación harveyana de la sangre, Galileo lo hizo a mayor escala. En cierto sentido, sorprendió a los copernicanos bañándose y echó a correr con sus vestidos.

En astronomía, el principal derecho a la fama le corresponde a Galileo por haber descubierto la utilidad de un instrumento óptico inventado por otro. Galileo tuvo la idea de usar el telescopio para observar los planetas y de anunciar sus hallazgos a un amplio sector en el breve opúsculo que lleva por título *Mensaje de las estrellas* (1610). El telescopio le permitió descubrir los satélites de Júpiter, y de ahí concluyó que tenía una prueba de la hipótesis copernicana. Galileo no tenía nada de la veneración neoplatónica hacia el sol, ni de su creencia en el alma de la tierra. Se sintió arrastrado a aceptar el copernicanismo debido a cierta analogía mecánica extraída de sus observaciones astronómicas. No aceptó la teoría kepleriana de las órbitas elípticas de los planetas, ni la idea no-mecánica de la atracción magnética a distancia. El secreto del movimiento planetario, tal como lo vio Galileo, consistía en la tendencia de los cuerpos a seguir una trayectoria circular: «De donde yo concluyo la racionabilidad de pensar que para el mantenimiento de un orden perfecto entre las partes del universo se requiera un movimiento sólo circular de los cuerpos celestes».

Galileo no tomó por blanco principal de sus ataques a los neoplatónicos; el veneno de su sarcasmo lo reservó para los aristotélicos. Pero su actitud con respecto a las ideas de Kepler y Bruno se manifiesta con bastante claridad en pasajes como el siguiente, que trata de las mareas:

> Yo no puedo suscribir la idea de los astros, ni de los calores templados, ni la acción predominante de cualidades ocultas, ni otras vanas imaginaciones por el estilo que se hallan tan lejos de ser, o de poder ser, causas de la marea, que, al contrario, la marea es causa de ellas [69].

Fue también crítico de Gilbert y, aun cuando quedó impresionado por sus hallazgos sobre magnetismo, rechazó la interpretación que Gilbert dio sobre ellos:

Galileo sostenía que Dios era un matemático que había construido el universo como un modelo matemático. De aquí que el lenguaje clave fuesen las matemáticas, de las que esta página, tomada de los *Diálogos*, de Galileo, constituye un ejemplo.

Lo que yo hubiera deseado en Gilbert es que hubiese sido algo mejor matemático y, sobre todo, bien cimentado en geometría, cuyo ejercicio le habría vuelto más reacio a aceptar por verdaderas demostraciones los argumentos que adujo como causas de las conclusiones ciertas observadas por él [40].

Según esto, podemos considerar a Galileo situado entre dos tradiciones distintas: la aristotélica y la neoplatónica; y no sólo empeñado, como a menudo se ha dicho, en un combate singular contra el mundo aristotélico.

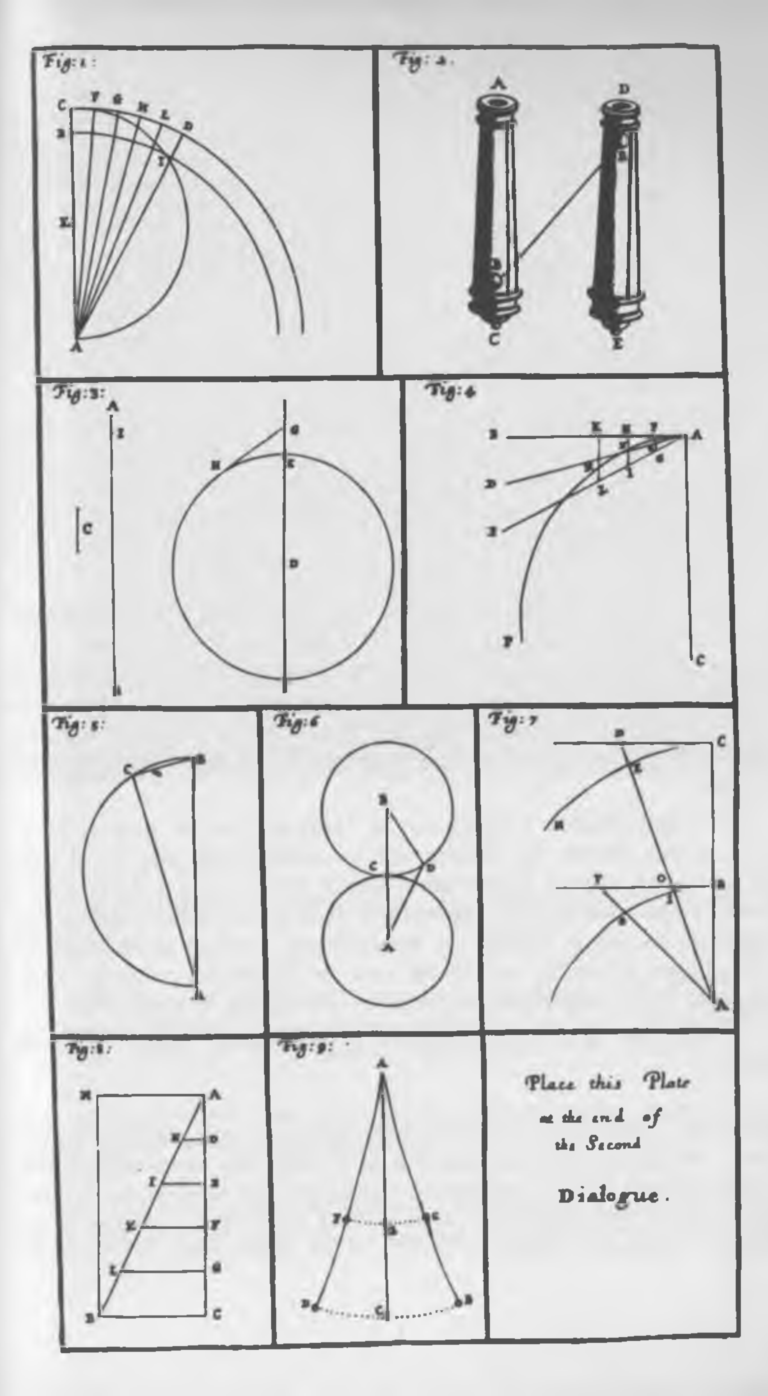
Uno se siente tentado a creer que Galileo también liberó la teoría copernicana de su encuadramiento casi religioso, y la expuso en un contexto mecánico secular. Pero esto es verdad sólo hasta cierto punto. Galileo, como todos los científicos del siglo XVII, tenía un concepto de Dios que fue fundamental para su interpretación del universo.

Veía la naturaleza como un reflejo de la mente divina; y puesto que el mundo natural de Galileo era mecanicista, su Dios fue inevitablemente un artesano, aunque artesano divino. De hecho, alude al arte y habilidad de Dios:

El recurso al gran libro de la naturaleza, que es el objeto propio de la filosofía... en cuyo libro... al ser obra de Dios omnipotente... [el recurso] es más decisivo y noble allí donde se revela en toda la grandeza su arte y habilidad [41].

En otro lugar habla de Dios como de un Arquitecto Divino que compone el mundo como mejor le parece:

Supongamos que entre los planes del Arquitecto Divino está la creación de esas esferas en movimiento continuo y la designación del sol como centro inmóvil de sus revoluciones; podemos imaginar que hizo todas las esferas en el mismo sitio y con una inclinación intencional a moverse hacia el


Fig: 1:
Fig: 2.
Fig: 3:
Fig: 4
Fig: 5:
Fig: 6
Fig: 7
Fig: 8:
Fig: 9:
Place this Plate
at the end of
the Second
Dialogue.

Johan Hevel (o Hevelius), de Danzig, cuya *Selenographia* constituye uno de los más importantes estudios astronómicos del siglo XVII, hizo el primer mapa de la luna. En éste figuran las zonas oscuras, que desde los tiempos de Galileo se habían llamado «mares» (como el Mar de las Tormentas, arriba a la izquierda, y los cráteres, a los que empezó a dar nombres hacia 1650, como Tycho, abajo en el centro, y Copérnico, a la izquierda).

centro hasta que adquiriesen aquellas velocidades que en un principio le parecieron bien a la Mente Divina [42].

El Dios de Galileo era también un matemático:

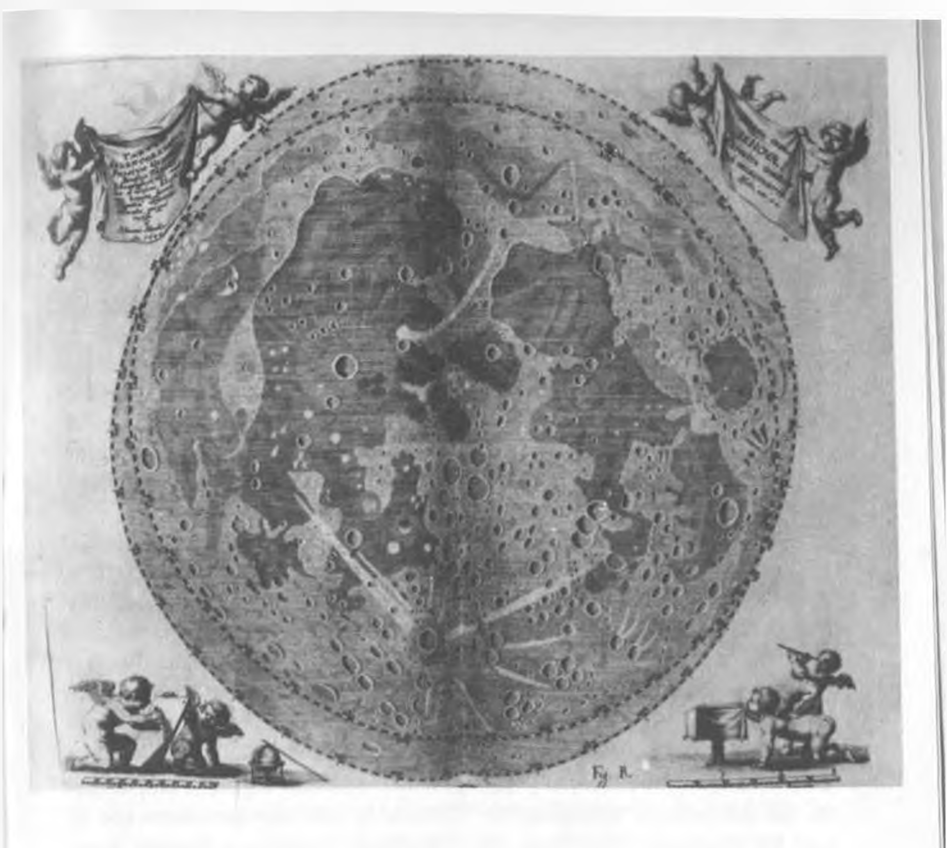
Yo digo que la sabiduría humana entiende algunas proposiciones de modo tan perfecto y está tan absolutamente cierta de ellas como la misma naturaleza; y así son las ciencias matemáticas puras, a saber: la geometría y la aritmética. En ellas la Divina Sabiduría conoce infinitamente más proposiciones, porque las conoce todas [43].

El modo en que Galileo juega aquí «la carta divina» es sorprendente; pero, para nuestro punto de vista, constituye un vislumbre de la mentalidad de Galileo. Al igual que los neoplatónicos y aristotélicos, los mecanicistas poseían su concepto peculiar de la naturaleza divina y lo usaban para respaldar sus teorías. Por su parte, Galileo hubo de apelar para conseguir restablecer el equilibrio de las propias.

La interpretación mecanicista de Galileo sobre la naturaleza lo situó en una postura de choque con los aristotélicos, aun en el caso de que no se hubiera arriesgado a entrar por el campo de la astronomía, puesto que aquélla implicaba el rechazo del énfasis aristotélico acerca de las causas finales. En sus *Diálogos...* criticó implícitamente el finalismo, al confiar su defensa a un tal Simplicio, personaje caricaturesco cuya simplicidad se pone al descubierto a cada paso.

La defensa que hace Simplicio de las causas finales es como sigue:

[las causas finales existen] porque vemos claramente que todas las generaciones, corrupciones, etc. que acontecen en la tierra van encaminadas directa o indirectamente al uso, conveniencia y provecho del hombre; los caballos nacen para uso del hombre, la tierra produce hierba para alimento de los caballos, y las nubes riegan la hierba... el fin a que [todas las cosas es-



tán] orientadas [es] las necesidades, uso, conveniencia y provecho del hombre [44].

Uno de los usos que tuvo el telescopio en manos de Galileo fue probar la falsedad de la creencia aristotélica en que los cielos eran perfectos. Como le hace decir a Simplicio:

Los cuerpos celestes, al ser eternos, inalterables, impasibles, inmortales, etc., tienen que ser necesariamente perfectos [45].

En todos los puntos importantes Galileo atacó la postura aristotélica. Donde él mimo quedaba a merced del contraataque era al plan-

tear abiertamente las implicaciones de su postura de cara a la interpretación ortodoxa de la Biblia.

Galileo rechazó también la distinción cualitativa aristotélica del movimiento en «natural» e «innatural». Y fue capaz de probar en *Dos nuevas ciencias* que el movimiento de un proyectil no era una forma simple de movimiento, sino que seguía una trayectoria dictada por la interacción casi mecánica de dos tipos diferentes de moción. Los experimentos apartaron a Galileo del mundo aristotélico «real» de las cualidades, llevándolo a un mundo abstracto en donde las diferencias cuantitativas eran factor primario.

Tales críticas tenían implicaciones que desbordaban ampliamente su interés científico, dado que el aristotelismo no era sólo un movimiento académico, sino también una ortodoxia arraigada y poderosa. En la Iglesia de la Contrarreforma, y especialmente en Italia, el Concilio de Trento (1545-1563) aumentó la disciplina eclesiástica y precisó la doctrina, en respuesta al desafío de Lutero y Calvino. En todo esto desempeñó un papel decisivo la orden de jesuitas, fundada en 1540, que adoptó a Aristóteles y a Tomás de Aquino como sus guías oficiales en filosofía y teología. Los jesuitas lograron imponerse en las discusiones teológicas de Trento, lo que dio por resultado el que los conceptos filosóficos de Aristóteles entraran a formar parte de las definiciones teológicas oficiales. Durante el medio siglo que siguió a Trento, los jesuitas, con el apoyo del papado, fueron el instrumento educativo sostenedor de la restauración aristotélica. Paralelamente al Santo Oficio, creado por el papa en 1542, actuó como cancerbero de la ortodoxia y el aristotelismo. Con cuartel general en Roma, el Santo Oficio controlaba la mayor parte de la vida intelectual de Italia. La excepción fue la República de Venecia, donde perduró una atmósfera más liberal. Cualquiera que se hiciese sospechoso de mantener opiniones peligrosas estaba expuesto a ser llevado ante el Santo Oficio para ser procesado y castigado, tal vez con la muerte, como descubrió Giordano Bruno en 1600.

Al criticar, pues, el aristotelismo, Galileo no atacaba los últimos residuos de una filosofía anticuada. Por el contrario, se exponía a

un gran riesgo. Sus *Diálogos*, publicados en 1632, no eran un tratado astronómico técnico, como el *De Revolutionibus*, de Copérnico. sino una obra polémica brillante dirigida al «sistema» clerical.

Galileo contó con el apoyo de sus protectores: el papa Barberini (Urbano VIII) y el archiduque de Toscana. Pero en ambos casos su confianza quedó frustrada. Urbano VIII cedió a las presiones de la Inquisición; y, una vez muerto el archiduque de Toscana, Galileo quedó a merced de sus enemigos y se vio obligado a capitular. Si se quiere, puede considerarse tal hecho, primariamente, como una victoria de la intolerancia sobre la libertad intelectual. Mas, para nuestro punto de vista, es de mayor interés descubrir ahí un choque entre dos paradigmas o actitudes: la organicista y la mecanicista. Los aristotélicos salieron triunfantes en 1633, pero antes de finalizar el siglo se hallaban en estado de descomposición.

La tradición de Galileo sobrevivió en Italia para una generación más intelectual. En la obra de Evangelista Torricelli (1608-1647) la visión mecanicista de Galileo se aplicó al estudio de la presión del aire. El objetivo primordial del experimento de Torricelli era demostrar, sirviéndose de una columna de mercurio, que el aire, uno de los cuatro elementos de Aristóteles, se comportaba de acuerdo con leyes mecánicas. Torricelli extendió así la analogía de la máquina a otro campo de la investigación natural. Las implicaciones radicales de su trabajo fueron vistas a la vez por Mersenne y Pascal. El sencillo experimento de Torricelli, del que hablamos en páginas anteriores, planteaba la cuestión de la posibilidad del vacío en la naturaleza, que para las premisas aristotélicas (como para las cartesianas) era una contradicción en los términos.

Después de Torricelli, la tradición mecanicista estuvo representada por sus sucesores en Florencia, Viviani (1622-1703) y Alfonso Borelli (1608-1679). El más importante de los dos fue Borelli, quien aplicó las interpretaciones mecánicas al campo de la anatomía v astronomía, y propuso una teoría del movimiento planetario basada en la idea de que los planetas se desplazaban orbitalmente impulsados por los rayos luminosos emanados del sol.

Mersenne

En la divulgación de las ideas mecanicistas fuera de Italia fue eslabón decisivo un personaje inesperado: el fraile francés Marin de Mersenne (1588-1648). Mersenne era admirador entusiasta de la perspectiva mecanicista de Galileo. En 1634 publicó la traducción francesa de las primeras lecciones de Galileo (1592) sobre mecánica; y en 1639, sólo un año después de su publicación original, tradujo igualmente los *Discursos acerca de dos nuevas ciencias*, de Galileo. Pero no era copernicano, por lo que se identificó con las ideas mecánicas de Galileo y dejó de lado su cosmología. Si no tradujo el *Diálogo sobre los dos sistemas del mundo*, una vez publicado en su lengua original en 1632, probablemente se debiera a su condenación por el Santo Oficio, aunque resumió algunas de sus partes.

Mersenne no era un descreído. Le horrorizaba la idea de que hubiese muchos miles de incrédulos en el área de París, y vio en la filosofía mecánica un instrumento para refutar esa incredulidad. En esto se pareció a Descartes, cuya insatisfacción ante el escolasticismo procedía de su probada ineficacia para refutar a los escépticos en su mismo terreno.

Mersenne se convirtió en figura central de una red de corresponsales que se extendía por Francia, Holanda, Italia y los Países Bajos españoles, y que sirvió de foco para una discusión informal sobre filosofía de la naturaleza. En este sentido hizo de canal para la difusión de las ideas mecanicistas, aunque personalmente no produjera ninguna obra científica importante.

Parte del interés de Mersenne para la historia se debe al violento ataque que dirigió contra la tradición mágica. En esto ofrece un contraste con Galileo. Mersenne reserva sus municiones de mayor calibre para los neoplatónicos, sin prestar atención a los aristotélicos; mientras que Galileo lo hizo al revés. Mersenne rechazó el ocultismo de Bruno y Campanella (1563-1639). Conoció por entonces a Campanella en París, el año 1634, y lo describió como un hombre «de feliz memoria y de imaginación viva», pero sin nada que ofrecer a la ciencia. Mersenne fue también muy crítico con respecto a su coe-

táneo inglés Robert Fludd, el más prolífico exponente de las ideas neoplatónicas por los años de 1630.

Otro eslabón entre Mersenne y el mecanicismo de Galileo nos lo ofrece Torricelli. Durante una visita a Italia en 1645, Mersenne conoció a Torricelli y discutió con él sus experimentos relacionados con el vacío. Mersenne regresó a Francia y concibió la idea de llevar el experimento más lejos, subiendo el tubo de mercurio a una montaña para observar allí los resultados. Escribió a un amigo de Puy de Dôme pidiéndole que hiciese los preparativos oportunos; mas luego supo que su amigo se había trasladado a otro lugar de Francia. Poco tiempo después tuvo lugar en la misma montaña el famoso experimento del vacío hecho por Pascal, y Mersenne perdió así la ocasión de lograr fama científica.

A la luz de cuanto precede, no ha podido evitarse cierta minusvaloración de su papel; sin embargo, en estos últimos años se ha reconocido su importancia como catalizador que hizo posible el cambio intelectual.

Descartes y la divulgación del mecanicismo

De todos los mecanicistas del siglo XVII, el más influyente fue Renato Descartes (1596-1650) por la sencilla razón de que su *Discurso del Método* (1637) era un tratado breve, escrito en forma autobiográfica y que exponía una tesis con suma claridad. El *Discurso del Método* aunaba la gracia literaria, el interés humano y la claridad filosófica de una forma jamás vista en Europa desde los *Diálogos*, de Platón, y no tuvo rival en popularidad, si exceptuamos el *Mensaje de las estrellas*, de Galileo. Descartes atrajo a un nuevo fenómeno, el de los gentileshombres, doctores y leguleyos filosóficos, cuya prestancia social prosperó a lo largo del siglo a expensas del clero. Su colega mecanicista, Mersenne, formaba parte aún de la tradición clerical que se remontaba a la Edad Media. Descartes, en cambio, encabeza a los «filósofos» del siglo XVIII.

A pesar de ello, Descartes tuvo mucho en común con Mersenne. Su *Discurso del Método,* igual que sus escritos posteriores, tuvo a la vista una finalidad religiosa no menos que filosófica. Tal vez fuera Descartes el padre del escepticismo, pero en todo caso un padre cuerdo, que reconoce a su propio hijo en los últimos años. Lo que Descartes pretendía era la refutación del escepticismo, y sus cuatro puntos del método filosófico fueron ideados para aclarar los principios sobre los que pudiera levantarse una estructura más sólida que el escolasticismo. Su dicho famoso «Cogito ergo sum» (pienso, luego existo) fue una afirmación religiosa. El pensamiento era la actividad propia del alma. Era una actividad espiritual en un universo mecánico, y por ello servía de respuesta a los escépticos que rehusaban aceptar la existencia del alma. De hecho, no hacemos ninguna injusticia a Descartes si vemos en él un segundo Tomás de Aquino, creador de una síntesis de todo lo conocido y arquitecto de un edificio original donde se integran la revelación cristiana y la nueva doctrina.

El concepto cartesiano de Dios acentuaba su poder y su verdad sobre la bondad y el amor. Suponía Descartes que la divinidad se parecía a un hábil ingeniero de la línea de Arquímedes, idea que pone de manifiesto el siguiente pasaje, tomado de sus *Principia Philosophiae*:

> Igual que un mismo artesano puede hacer dos relojes que, aun cuando ambos señalen con igual exactitud el tiempo y no haya entre ellos diferencia exterior aparente, no tienen nada semejante en la composición de sus ruedas; así, el Supremo Hacedor de las cosas tiene, sin duda, una infinidad de medios diversos a su disposición, por cada uno de los cuales pudo haber hecho que todas las cosas de este mundo aparezcan como nosotros las vemos, sin que le sea posible a la mente humana conocer cuál de todos esos medios decidió emplear [46]

El concepto del Ingeniero Divino se halla también implícito en el uso que hace Descartes de analogías mecánicas para describir

la creación de Dios. Dice que «las reglas de la mecánica... se identifican con las de la naturaleza»; y, al exponer las pruebas de la existencia de Dios, echa mano del símil del fabricante de máquinas:

No hay diferencia alguna entre este caso y el de la persona que idea una máquina en cuya fabricación se despliega gran habilidad; en tales circunstancias tenemos derecho a indagar cómo llegó a esa idea: si, por ejemplo, vio en alguna parte esa máquina construida por otro, o si estaba tan instruido en las ciencias mecánicas o dotado de ingenio tan poderoso que fue capaz de inventarla por si mismo, sin haber visto previamente nada parecido; porque todo el *ingenio* que se encierra en la idea en forma solamente objetiva, como, por ejemplo, en un cuadro, debe existir, al menos, en su causa primera y principal [47].

En la historia de la filosofía, Descartes es considerado como el primer pensador crítico moderno. En la historia de la ciencia su predicamento se debe a que fue el primer artífice de un sistema científico que contradecía los principios aristotélicos en casi todos sus puntos. Descartes rechazó el supuesto básico de que las leyes del mundo lunar eran distintas de las del mundo sublunar. En su opinión, las estrellas, los planetas y la tierra estaban compuestos de la misma sustancia («es una sola y misma sustancia la que existe en el universo»). Rechazó igualmente el principio aristotélico de que el movimiento natural estaba dirigido hacia un fin y era, por tanto, intencional (causas finales). Para Descartes el movimiento no consistía en desplazarse de un lado a otro en un universo con su «arriba» y su «abajo» absolutos; era nada más «el desplazamiento de una masa de materia desde la proximidad de los cuerpos adyacentes hasta la proximidad de otros [cuerpos]». Esto cerraba el camino a la distinción aristotélica, fundamental, entre los movimientos «naturales» e «innaturales». Descartes explicó el movimiento planetario en el marco del movimiento arremolinado de vértices elipticos

La ciencia cartesiana está ya casi olvidada, pero la importancia de Descartes (1596-1650), en la derrota del aristotelismo y en la sustitución del mecanicismo, apenas puede ser sobrestimada.

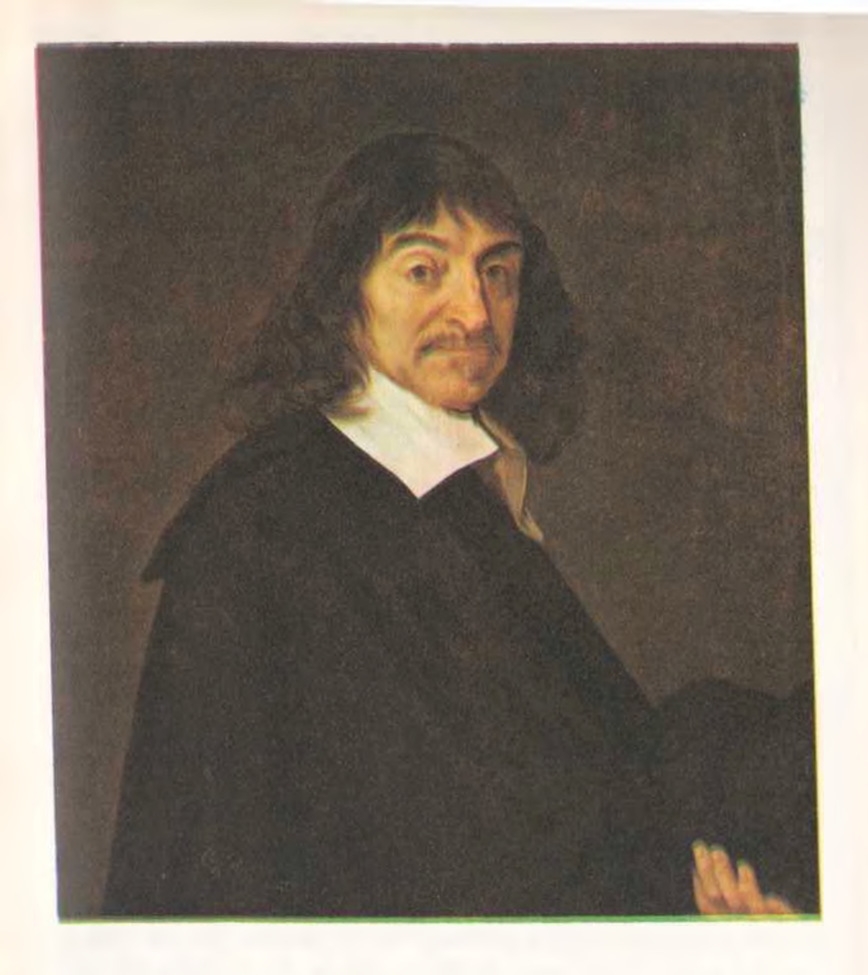
de materia, con lo que atacaba el supuesto aristotélico de la primacía de la moción circular y de la naturaleza quintaesencial de la sustancia planetaria. A la teoría aristotélica de los cuatro elementos le opuso la teoría de las partículas. Sobre esta base explicó los cambios químicos como un ajustamiento mecánico de partículas. Lo que implicaba el rechazo de la insistencia aristotélica en las cualidades y estabilidad de las formas que asume la sustancia.

Uno de los caracteres básicos del universo cartesiano fue el movimiento. Descartes consideró esto axiomático, aunque sólo fuera capaz de explicarlo en el contexto de una acción divina:

Dios creó la materia junto con el movimiento y la quietud; y ahora, mediante su sola cooperación ordinaria, conserva la cantidad original de movimiento y quietud que puso en el mundo material desde el principio [48].

Puesto que el movimiento era algo intrínseco a la estructura del universo, Descartes no sintió necesidad de explicarlo. De este modo se libró de la preocupación aristotélica por cuestiones tales como el «impetus». Por otro lado, no logró evitar del todo la influencia de Aristóteles. Su mismo esquema de síntesis era aristotélico. Hizo, además, uso considerable del razonamiento deductivo al diseñar el cuadro del universo. De hecho, la base empírica de su síntesis era tan estrecha como lo había sido la de Aristóteles. Descartes ni aceptó del todo las implicaciones mecanicistas del atomismo, ni se pronunció abiertamente en favor de la teoría heliocéntrica de Copérnico. Por lo demás, como cualquier otro aristotélico, rechazó la posibilidad del vacío.

Las debilidades de la postura cartesiana resultarían manifiestas a lo largo del siglo. Su sistema de razonamiento deductivo lo dejó tan expuesto al ataque experimental como cualquiera de los escolásticos. Su doctrina de que los animales eran máquinas no era convincente. Y lo más grave de todo, teniendo en cuenta que era un genio matemático, fue que sus teorías del movimiento planetario no eran sus-



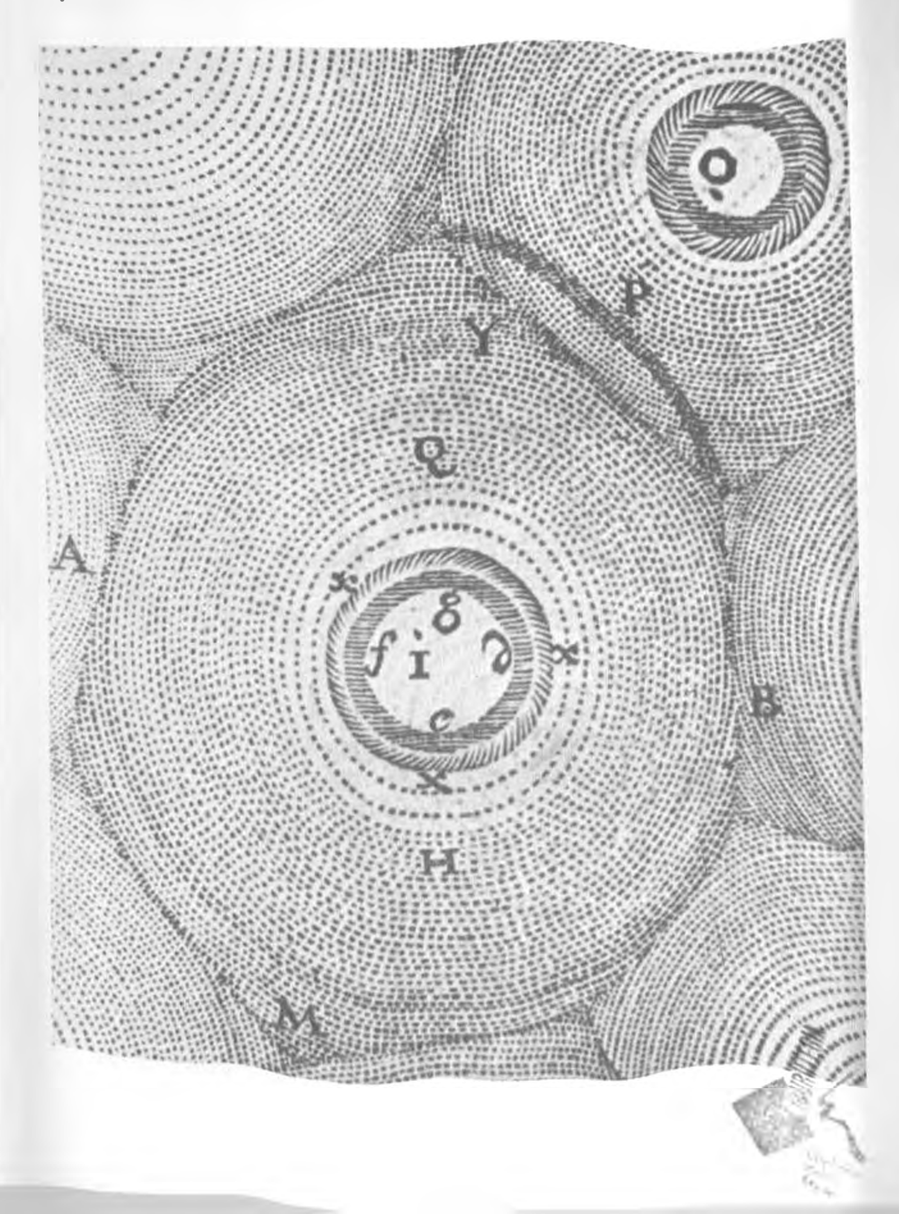
ceptibles de demostración matemática. La combinación que hace del razonamiento deductivo y de los supuestos mecanicistas puede apreciarse en este extracto de los *Principia Philosophiae*, donde afirma la existencia de partículas, aun cuando no sean empíricamente observables:

Mi asignación de formas, tamaños y movimientos concretos a partículas corpóreas insensibles igual que si yo las hubiera visto, pese a admitir que son insensibles, puede inducir a algunos a preguntarse cómo puedo descri-

birlas. He aqui mi respuesta: partiendo de los principios más simples y familiares que conocen nuestras mentes por su constitución innata, he considerado en general las principales diferencias posibles de tamaños, formas y posiciones entre cuerpos a los que su sola pequeñez hace insensibles, y los efectos sensibles de sus variadas interacciones. Tras haber observado efectos similares entre objetos sensibles, deduje que provienen de interacciones similares de cuerpos insensibles, sobre todo cuando éste parecía ser el único modo de explicarlos. Y me prestó un excelente servicio la consideración de las máquinas. La sola diferencia que veo entre las máquinas y los objetos naturales es que los trabajos de las máquinas, en su mayor parte, son ejecutados por aparatos lo suficientemente grandes para ser perceptibles por los sentidos (como lo exige el hacer humanamente posible su manufactura); mientras los procesos naturales casi siempre dependen de partes tan pequeñas que eluden por completo nuestros sentidos. Aunque la mecánica —que es una parte o especie de la física— no teoriza, sino que hace uso, pertenece con todo a la física; y es exactamente tan 'natural' para un reloj compuesto de tales y tales ruedas el marcar el tiempo como para un árbol el nacer de tal semilla y producir tales frutos. Y, así como los expertos en maquinaria, cuando saben para qué sirve una máquina y ven parte de ella, pueden formar una conjetura acerca del modo como están concebidas las partes que no han visto, así también, partiendo de efectos sensibles y de partes sensibles de los cuerpos, he tratado de descubrir las causas insensibles y las partículas subyacentes a ellas [69].

El universo cartesiano era mecánico en el sentido de que existía como máquina y *nada más*. Descartes desechó de su visión del universo todo lo que era extraño a su funcionamiento mecánico, y lo dejó reducido al equivalente de un cianotipo que se transforma en materia (extensión). Era, pues, más mecánico que una máquina, ya que ésta posee al menos ciertas cualidades, por ejemplo, el color. Por tanto, el universo cartesiano era una máquina reducida a sus elementos esenciales. Descartes realiza un acto de abstracción a escala cósmica, análogo al que realizara Galileo con la bola, haciéndola rodar sobre un plano inclinado. Para Galileo, la bola y el plano importaban poco, ya que a través de ellos estaba pensando en un

Esquema del universo cartesiano mostrando la idea de Descartes de que la materia se mueve formando remolinos. Esta teoría gozó de gran prestigio a fines del siglo XVII y comienzos del XVIII, antes de que se impusiera la tesis newtoniana.



Trayectoria parabólica de un proyectil demostrada con una pelota de tenis en una carta de Descartes a Mersenne. Es éste un ejemplo de la correspondencia familiar que solían mantener entre sí los científicos durante la primera mitad del siglo XVII y que luego había de desembocar en las sociedades filosóficas.

mundo matemático. Otro tanto puede afirmarse de Descartes. El universo cartesiano era matemático y estaba organizado sobre la base de principios mecánicos. Las diferencias cualitativas aparentes en ese mundo se debían a las diferencias de moción.

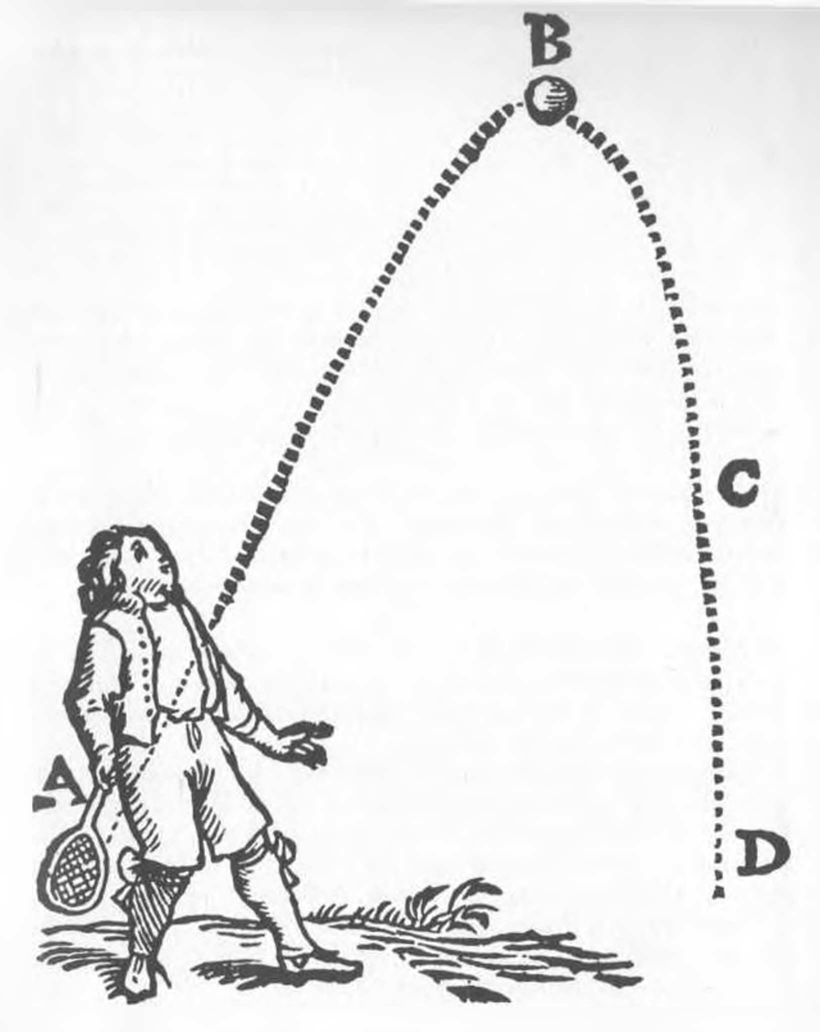
Esa insistencia en los principios mecánicos puede hallarse a todo lo largo de sus *Principia Philosophiae*. Descartes explicó la luz y el calor, por ejemplo, no en el marco de las cualidades aristotélicas, sino como efectos de la moción:

Debemos, pues, concluir por todo esto que esas realidades objetivas externas que designamos con los términos de 'luz', 'color', 'olor', 'sabor', 'sonido', o con el nombre de cualidades táctiles como 'calor' y 'frío', e incluso las llamadas 'formas sustanciales', no son otra cosa que la capacidad de los objetos para poner en movimiento nuestros nervios de distintos modos, conforme a su variada disposición propia [50].

En un punto Descartes actuó como hábil prestidigitador al transferir el descubrimiento de Harvey sobre la circulación sanguínea —llevado a cabo dentro de la tradición aristotélica—, convirtiéndolo en piedra angular de su visión personal del cuerpo humano como máquina:

Mas para que los ignorantes de la fuerza de las demostraciones matemáticas y quienes no están acostumbrados a distinguir las razones auténticas de las meras verosimilitudes no se aventuren a negar sin previo examen lo que se ha dicho, quiero llamar la atención sobre el hecho de que el movimiento que acabo de explicar se sigue tan necesariamente de la disposición misma de las partes, según puede observarse a simple vista en el corazón, y del calor que puede sentirse con los dedos, y de la naturaleza de la sangre que atestigua la experiencia, *como el movimiento de un reloj se sigue de la fuerza, la situación y la forma de sus contrapesos y ruedas* [51].

Como dijimos más arriba, Harvey no se refirió al corazón comparándolo con un reloj. Echó mano de la imagen del «soberano»,



entre otras, que avala su creencia en que el corazón era el órgano primordial del cuerpo. Para Descartes, en cambio, el corazón no tenía más importancia que cualquier otra parte de la máquina humana, aunque puede advertirse que no lo comparó con una «bomba», sino que lo vio como un mecanismo calentador de la sangre y causante en ella de una especie de efervescencia que la empuja a salir del corazón.

En su *Discurso del Método,* Descartes explicitó los supuestos me-

Ilustración tomada de la primera edición del *Tractatus de Homine*, de Descartes (publicada en 1662, después de su muerte, en Leyden), donde se reflejan sus ideas acerca de la sensación. La glándula pineal aparece como vehículo intermediario de la sensación física de calor y la mente.

canicistas que se hallaban sólo implícitos en Galileo y Mersenne. Entre esta visión y las concepciones aristotélicas y neoplatónicas del papel de la filosofía natural había un abismo. El universo cartesiano carecía de misterios; no se daba en él armonía de las esferas, ni existían las causas finales. Como Descartes mismo escribió:

No intentaremos buscar las razones de las cosas naturales en el fin que Dios o la naturaleza se propusieron al crearlas (es decir, en las causas finales), porque no debemos presumirnos partícipes de los planes de la divinidad, sino [considerar] la causa eficiente de todas las cosas[52].

El papel del filósofo de la naturaleza no debía confundirse con el del biólogo o el vidente, ya que su misión se reduce a explicar la puesta en juego de los principios mecánicos conforme a los cuales el Ingeniero Divino creó el universo.

Durante un siglo, al menos (1640-1740), el cartesianismo tuvo gran influencia en los sectores científicos de la Europa occidental. Fue el factor más importante en el triunfo definitivo de la tradición mecanicista. Centró sobre sí todas las críticas de las tradiciones orgánica y mecanicista y se convirtió en fundamento de un nuevo estilo científico que, si bien sujeto a críticas de detalle, proporcionaba una gran satisfacción intelectual. Y, sobre todo, supuso la victoria de los esquemas matemáticos de la naturaleza.

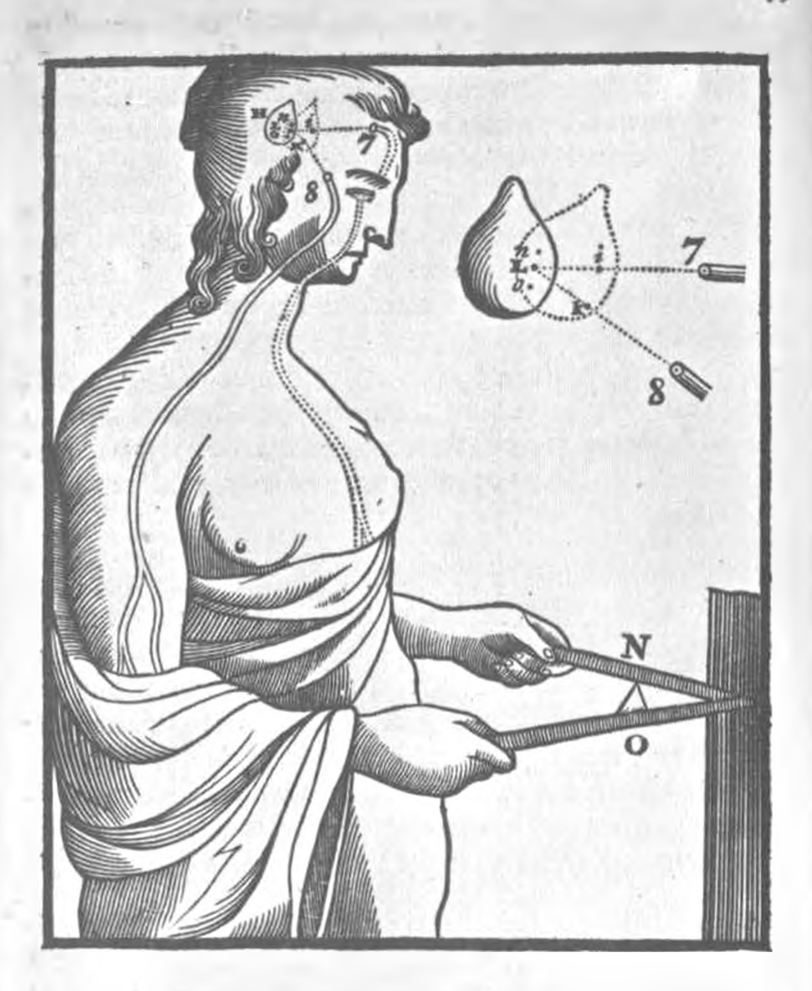
Pascal y Gassendi

El círculo mersenniano contó con algunos de los hombres más cualificados del siglo, entre ellos Hobbes y Descartes. Pero quizá fuera Blaise Pascal (1623-1662) el genio más universal del grupo. Fue matemático, experimentalista, escritor de prosa y panfletario. Demostró sus dotes matemáticas desde una edad muy temprana, y consagró

gitandum est, modum illum, quo aperiret tubum 7, in causa fore, ut partes cerebri, versus N comprimerentur, &



versus O dilatarentur paulo magis quam solent; atque ita spiritus, qui veniunt à tubo 7 ab N per O versus P irent. Posito autem quod hic ignis manum urat, actio ejus tubum



[a] *Ut nulla prorsus mutatio interveniat praeterquam in situ glandulae H*] Hoc est, mutatio situs glandulæ, sive procedendo, sive retrocedendo, erit in causa, quod anima poterit objecta diversa diversimode sita sentire, nec ulla obveniat mutatio organo exteriori, neque in modo, quo porus 8 respicit glandulam, veluti in exemplo proposito, progressio glandulæ efficit, ut objecta N & O sentiantur, quæ secus nequivissent ideas suas distincte imprimere punctis *n* & *o* glandulæ, organo exteriore & tubo 8 eo, quo sunt, modo dispositis.

Concepción cartesiana de las relaciones entre el alma y el cuerpo. Descartes demostró que la glándula pineal, señalada aquí con la letra H, constituía el vínculo decisivo entre el cuerpo, que operaba según principios mecánicos, y la mente, que era inmaterial.

buena parte de su tiempo a la invención de máquinas, incluida una calculadora.

La actitud de Pascal dentro de la tradición mecanicista se refleja en su teología. Pascal no vio rastro alguno de la divinidad cristiana en el mundo de la naturaleza. Su Dios era un Dios escondido, cuya voluntad se manifestaba no en las leyes mecánicas de la naturaleza, sino en sus intervenciones milagrosas frente a esas leyes. Su conversión religiosa personal le parecía una de ellas. Otra fue el milagro de la Santa Espina, que devolvió la salud a su sobrina en 1656. El Dios de Pascal intervenía también dramática y decisivamente en su llamamiento de los elegidos.

El mundo de la naturaleza y el del espíritu estaban, pues, en franco contraste. En el primero, el mundo de la materia, regían leyes mecánicas. En el otro, la clave se hallaba en la voluntad no explicada e inexplicable de Dios.

El interés de Pascal para la revolución científica está vinculado a los experimentos que realizó con el fin de extraer conclusiones sobre el comportamiento de uno de los cuatro elementos aristotélicos: el aire. Según los aristotélicos, el aire era «luz», igual que el fuego; de ahí que no pesase. Como hemos visto anteriormente, este principio formaba parte de la idea aristotélica del mundo, por lo que hacerlo cuestionable equivalía a alterar todo el sistema. El relato que hace Pascal de cierto experimento con un globo nos servirá de ejemplo para observar la simplicidad y el vigor imaginativo de sus trabajos.

Un experimento hecho en dos lugares elevados, uno cerca de quinientos brazos más alto que el otro.

Si se toma un globo a medio inflar de aire, encogido y fláccido, y se lleva atado con un hilo a la cima de una montaña de 500 brazas de altura, se irá inflando espontáneamente a medida que sube, hasta que en la cumbre se

Pascal inventó su máquina calculadora cuando tenía unos diecinueve años (1642-1643). Esta máquina, que resume el planteamiento de la tradición mecanicista, le fue explicada a Descartes durante una visita que hizo a su creador en 1647. Actualmente tiene cierto interés, por ser una especie de ordenador primitivo.

halle completamente lleno, igual que si se le hubiera inyectado más aire. Al descender irá vaciándose en la misma proporción, de modo que al pie de la montaña habrá vuelto a su estado primitivo.

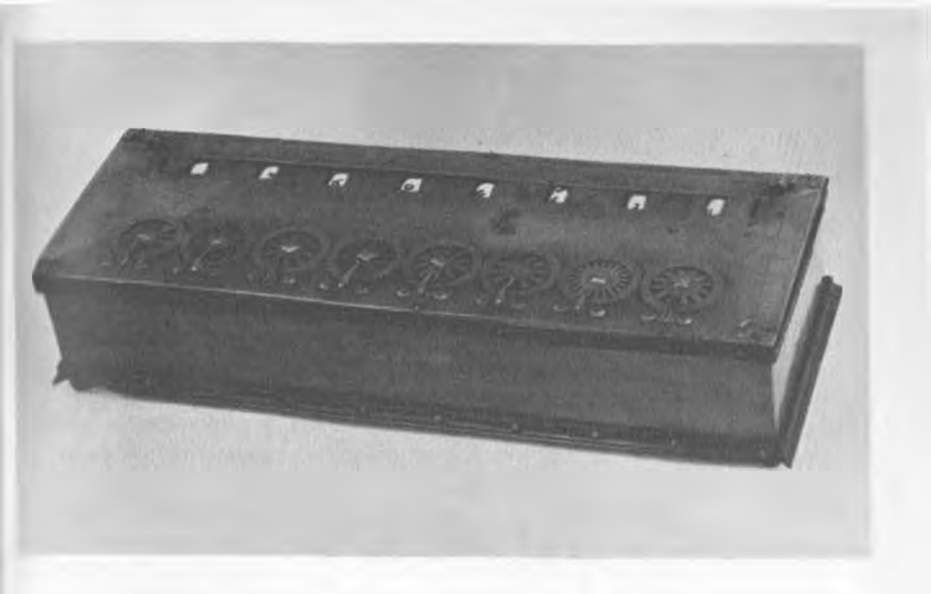
Este experimento demuestra todo cuanto he dicho de la masa de aire, sin dejar lugar a dudas; pero tiene que ser debidamente confirmado, puesto que todo mi raciocinio descansa sobre esta base. Entre tanto, cabe dar por sentado solamente que la masa de aire pesa más o menos en tiempos distintos, según se halle más cargada de vapor o más contraída por el frío.

Dejemos, pues, claro: 1) que la masa de aire tiene peso; 2) que su peso es limitado; 3) que pesa más unas veces que otras; 4) que su peso es mayor en unos sitios que en otros, como en [zonas altas y] zonas bajas; 5) que con su peso oprime a todos los cuerpos que rodea, tanto más fuertemente cuanto su peso es mayor [53].

Pascal llevó a cabo una serie de experimentos más ambiciosos que éste y destinados a probar la falsedad de la doctrina aristotélica del vacío. Atacó la teoría explicativa del trabajo de las bombas, teoría que se apoyaba en el supuesto de que el agua subía debido a la repugnancia de la naturaleza al vacío. Si esto es cierto —decía—, ¿por qué las bombas aspirantes no elevan tan arriba el agua sobre la cima de una montaña como al nivel del mar?, y ¿por qué dos cuerpos lisos en estrecho contacto son más fáciles de separar en un campanario que al nivel de la calle?

En septiembre de 1648 se realizó en el Puy de Dôme, cerca de Clermont, uno de los experimentos más famosos de la historia de la ciencia. He aquí cómo lo describe Perier, familiar de Pascal:

El sábado último, día 19 de los corrientes, el tiempo se mostraba muy inseguro. A eso de las cinco de la mañana, no obstante, parecía suficientemente claro; y, puesto que la cumbre del Puy de Dôme era entonces visible, decidí subir allá para realizar el intento. A este fin, lo puse en conocimiento de algunas personas importantes en la ciudad de Clermont que me habían rogado las advirtiera cuando me dispusiese a consumar el ascenso. Algunos de ellos eran



clérigos y otros seglares. Entre los clérigos estaban el muy reverendo padre Bannier, de los Frailes Minimos de esta ciudad, que en varias ocasiones ha sido «corrector» (es decir, padre superior), y M. Mosnier, canónigo de la Iglesia Catedral de esta ciudad; entre los seglares se hallaban los señores La Ville y Begon, consejeros de la Corte de Ayudas, y M. La Porte, doctor en medicina que ejerce en la ciudad. Todos estos hombres son muy capaces no sólo en la práctica de sus profesiones, sino también en cualquier campo de interés intelectual. Fue un placer tenerlos junto a mí en tan delicado trabajo.

En ese día, pues, a las ocho de la mañana, salíamos por el jardín de los Padres Minimos, que es casi el lugar más bajo de la ciudad, y allí mismo empezó el experimento de esta manera:

Primero puse en una vasija seis libras de mercurio que yo había controlado durante los tres días precedentes; y, habiendo tomado dos tubos de vidrio de idénticas dimensiones, ambos con cuatro pies de longitud y herméticamente cerrados por un extremo y abiertos por el otro, los coloqué en la misma vasija y llevé a cabo con ellos el habitual experimento del vacío. Luego, puestos uno junto al otro sin sacarlos de la vasija, encontré que el mercurio se había detenido al mismo nivel en los dos, que era de 26 pulgadas y tres líneas y media sobre la superficie del mercurio en la vasija. Repetí este experimento por segunda vez en el mismo lugar, en los mismos tubos, con el mismo mercurio y en la misma vasija, y en todos los casos hallé que

el mercurio de los dos tubos se detenía al mismo nivel horizontal y a la misma altura que en el primer experimento.

Hecho esto, fijé uno de los tubos en su vasija para una prueba continuada. Señalé en el vidrio la altura del mercurio y, dejando el tubo donde estaba, pedí al padre Chastin, uno de los hermanos de la casa, hombre tan piadoso como capacitado y que razona muy bien sobre estas materias, que tuviese el cuidado de observar a menudo durante todo el dia cualquier cambio que pudiera ocurrir. Con el otro tubo y parte del mismo mercurio me dirigí, en compañia de dichas personas ilustres, hacia la cima del Puy de Dôme, que se eleva unas 500 brazas sobre el convento. Allí arriba, repetido el mismo experimento de idéntica manera a como fuera hecho en los Mínimos, encontramos que se mantenía en el tubo una altura de sólo 23 pulgadas y dos líneas de mercurio; mientras en el mismo tubo, en los Mínimos, advertimos una altura de 26 pulgadas y tres líneas y media. Así, pues, entre las alturas del mercurio en los dos experimentos resultaba haber una diferencia de tres pulgadas y una línea y media. Nos sentimos tan maravillados y contentos y nuestra sorpresa fue tan grande, que quisimos repetir el experimento para satisfacción propia. Y así, lo lleve a cabo con mucho cuidado cinco veces más en puntos diferentes de la cumbre de la montaña; una vez al abrigo de una capillita que hay allí, otra a cielo abierto, la tercera resguardado del viento, la cuarta expuesto al viento, la quinta con buen tiempo, y también en presencia de la lluvia y la niebla que nos visitaron ocasionalmente. En todos los casos quité cuidadosamente el aire del tubo, y en todos estos experimentos encontramos invariablemente la misma altura de mercurio. Que era de 23 pulgadas y dos líneas, que da la misma discrepancia de tres pulgadas y una línea y media, en comparación con las 26 pulgadas y tres líneas y media que se habían hallado en los Mínimos. Esto nos satisfizo plenamente [54].

Posiblemente se haya exagerado la perfección técnica que supone este experimento. De hecho, algunos críticos han insinuado que Perier falseó los datos y los presentó con una congruencia poco natural. Para nosotros, gran parte de su interés radica en el papel que jugó este experimento como arma contra los aristotélicos, y el modo en que Pascal se sirvió de él para impugnar afirmaciones de la tra-

dición organicista. Era casi inevitable que esto desembocara en una controversia, equivalente francés en algún modo del episodio italiano que protagonizara Galileo. Con la diferencia de que el experimento de Pascal no entró en conflicto con las interpretaciones ortodoxas de la Biblia, aunque sus conclusiones acerca de la ciencia aristotélica eran tan radicales como las de Galileo.

Casi de inmediato Pascal fue objeto de las inventivas de los jesuitas a través del P. Noel; y las réplicas intercambiadas por estos dos hombres revelan en algún modo cómo dos actitudes diferentes son capaces de llevar a interpretaciones distintas de idénticos testimonios. Lo discutido era la naturaleza del espacio que podía observarse en la parte superior de un tubo de mercurio invertido cuando el nivel del mercurio descendía al ser introducido el tubo en un recipiente con mercurio. El fenómeno era bien simple, pero suscitó un montón de cuestiones teológicas y filosóficas. Lo que de verdad se hallaba en juego era la autoridad de Aristóteles en una cuestión tan definitiva como la del heliocentrismo, aunque menos dramatizada. Pascal explicaba ese espacio como un vacío apoyado en una serie de experimentos con tubos grandes y pequeños, demostrativos de que el nivel del mercurio y la dimensión del espacio variaban de acuerdo con la altitud sobre el nivel del mar, y, según él, sostenía de acuerdo con la presión del aire.

La explicación que propuso el P. Noel se apoyaba en supuestos que sólo tenían validez dentro de un mundo aristotélico. Distinguió entre acción «natural» y «violenta», correspondientes a las dos mociones de igual nombre. La acción violenta tenía lugar cuando un cuerpo indiviso por naturaleza se dividía por un acto de violencia. En el caso discutido, el aire, que normalmente era una mezcla indivisa de elementos, era dividido por la caída del mercurio. Noel estableció cierta analogía entre el aire —mezcla de tierra, aire, fuego y agua— y la sangre, que era una mezcla de los cuatro humores, y supuso que un aspecto de la naturaleza podía iluminar a otro por analogía. En el nuevo estado violento producido por el descenso del mercurio, el elemento sutil del aire es arrastrado hacia abajo a través de los pequeños resquicios del vidrio por acción del aire ex-

terior, perturbado a su vez. Noel echó mano, a este propósito, de la analogía de la esponja estrujada dentro del agua y que, apenas dejada en libertad, se va llenando gradualmente de nuevo. El hecho de estrujarla es análogo a la moción violenta, y su dilatación equivale al movimiento natural.

Pero este argumento no era suficiente. Noel echó mano de la autoridad y citó a Aristóteles para respaldar su argumento de que el vacío es contrario al sentido común y contradictorio en sí mismo, puesto que es espacio y no-espacio al mismo tiempo. Se refirió luego a la naturaleza de un modo antropomórfico diciendo que era cosa de experiencia diaria el que la naturaleza aborrecía el vacío. Por fin jugó la carta religiosa: Dios usa la naturaleza para dar ornamento y variedad al universo.

En su carta segunda, y más larga, donde el aspecto religioso era tratado de modo más explícito, Noel recurrió a la doctrina del Concilio de Trento acerca de la Eucaristía. Hizo también uso de la autoridad de Descartes, opuesto igualmente a la posibilidad del vacío.

Es indudable que Noel consideraba el «vacío» como un punto de capital importancia. Lo que parecía hallarse en cuestión era algo más que un mero problema científico. La ortodoxia católica y la ciencia aristotélica estaban tan vinculadas entre sí que cualquier crítica de la ciencia suscitaba problemas doctrinales. Acaso pensara también Noel que una censura de heterodoxia sería bastante para reducir a Pascal al silencio. La disputa sostenida pone de relieve que en el mundo de la Contrarreforma la cuestión decisiva era la de la autoridad intelectual. Si Pascal rechazaba la autoridad en ese punto, ¿dónde se detendría la inquietud?

Es también justo decir que el mismo Aristóteles dio gran importancia a la refutación de la posibilidad del vacío, como respuesta suya al atomismo de los presocráticos. Para Aristóteles y para el siglo XVII el atomismo no era sólo una teoría científica, sino también una cuestión filosófica cargada de implicaciones ateas. Tal como se había transmitido en las ideas de Demócrito y Lucrecio, el atomismo echaba por tierra la intencionalidad dentro del universo. Para el atomista el cambio se debía al movimiento fortuito de los áto-

mos en un universo infinito. Mientras Aristóteles descubría causas finales e intencionalidad por doquier en el mundo, e interpretaba el cambio como movimiento hacia un objetivo (su analogía característica fue la de la bellota que se convierte en encina), el atomista sólo veía casualidad. El mundo del atomista que aparece esbozado en el poema *De Rerum Natura*, de Lucrecio, era un concurso fortuito de átomos que se movían dentro del vacío.

Así, pues, para ciertos pensadores del siglo XVII, el vacío era un concepto que admitía la posibilidad del atomismo y, en consecuencia, del ateísmo. Si hubo algún factor que detuviese decisivamente el desarrollo de una teoría atómica en la química, fue éste. Incluso Descartes, que llevó su interpretación mecanicista hasta el extremo y eliminó de su mundo las causas finales, consideró intocable el asunto de los átomos. La palabra se hallaba demasiado cargada emocional y teológicamente. Fue el equivalente en el siglo XVII de la «selección natural» de Darwin.

La correspondencia que mantuvieron Pascal y Noel en torno al vacío arroja mucha luz sobre el papel jugado por los conceptos científicos en el siglo XVII. Noel no podía aceptar la posibilidad del vacío. Pascal, a su vez, no estaba interesado por las implicaciones teológicas de su experimento. Sus *Pensées* lo reflejan dispuesto a abandonar todos los testimonios de la intencionalidad divina sacados del universo, con excepción de los milagros, y así consideró los experimentos como una fuente parcial de la ciencia, de donde sólo cabía reducir conclusiones limitadas, fenómeno característico de las limitaciones de la razón humana en general. De ahí que rechazara la cosmología cartesiana por motivos morales tanto como científicos, porque Descartes tenía una visión demasiado elevada del poder de la razón humana. En cierto sentido, Pascal fue un nuevo Francis Bacon, esta vez francés, que se atenía a los experimentos frente a las hipótesis.

Quizá sea éste el momento apropiado para mencionar a otro francés mecanicista: Pierre Gassendi (1592-1655). Gassendi era miembro del círculo mersenniano, sacerdote y matemático. Llamó la atención de sus contemporáneos al atribuirse la invención de una teoría

del atomismo que cabía conciliar con la ideología cristiana. Pudo decir que había bautizado a Demócrito y Lucrecio, como Tomás de Aquino bautizó a Aristóteles; y sus ideas cautivaron a sus coetáneos precisamente debido al experimento de Torricelli y al debate entablado sobre la posibilidad del vacío. El atomismo de Gassendi era la única postura filosófica que podía explicar la existencia del vacío. Aristotélicos y cartesianos estuvieron, al menos, de acuerdo en que la naturaleza repudiaba el vacío.

La importancia histórica de Gassendi aún no ha sido tratada de modo conveniente por los historiadores, pese a que en estos últimos años le han dedicado cierta atención. Tuvo más relieve para sus coetáneos que para las generaciones posteriores. En Inglaterra, por ejemplo, se sometieron a discusión sus ideas hacia el año 1650, entre otros por parte de Walter Charleton (1619-1707) que publicó en 1654 su obra *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*. Pero, desde nuestro punto de vista, la importancia de Gassendi se halla vinculada no tanto a sus visiones peculiares o a sus divergencias con respecto a Descartes, sino en su común mecanicismo. Gassendi tiene su lugar entre los exponentes de las ideas mecanicistas en el círculo de Mersenne.

Robert Boyle y el mecanicismo inglés

La tradición mecanicista echó raíces en Inglaterra gracias, en buena medida, a la obra de Robert Boyle (1627-1691) y algunos de sus colegas en la Royal Society, sobre todo Robert Hooke y Henry Oldenburg (véase pág. 178). Boyle, el hijo más joven del Conde de Cork, tuvo ya en su juventud gran interés por la filosofía experimental, y durante su larga vida publicó una inmensa cantidad de materiales.

Gracias a su posición acomodada pudo entregarse libremente a la compra de instrumentos de trabajo costosos y actuar, en general, como mecenas.

Lo que Boyle ambicionaba era descubrir el resultado de la filo-

sofía mecánica aplicada al mundo de la química. Estimaba que las diferencias cualitativas aparentes entre las sustancias, tales como el color, el calor y la textura, eran de hecho originadas por la acción mecánica de las partículas. Como Oldenburg escribió en una carta dirigida a Spinoza con fecha de abril de 1663, lo que Boyle intentaba era explicar

> que la doctrina común de las formas y cualidades sustanciales admitida por las escuelas descansa sobre cimientos inconsistentes; y que lo que ellas denominan diferencias específicas de las cosas pueden reducirse a la extensión, movimiento, quietud y posición de sus partes [55].

La visión mecanicista de Boyle empalmaba directamente con el experimento de Torricelli y el mecanicismo de Mersenne. Torricelli había realizado su experimento en 1644, que fue repetido en Francia de manera más cuidada a partir de 1646 ó 1647, y se conoció en Inglaterra a más tardar en 1648. Fue llevado a cabo regularmente en Oxford cuando Boyle estaba allí, y en 1653 Henry Power —que repitió las famosas observaciones del Puy de Dôme sobre las colinas próximas a Halifax— practicó cierto número de experimentos correlativos. La culminación de dos décadas de actividad científica se logró en 1661 al probar Boyle que el aire resistía la compresión proporcionalmente a su densidad; es decir, que cuanto más comprimido, más fuerte era su impulso. Con terminología moderna, la ley de Boyle establece que presión $\times$ volumen $=$ una constante.

Para nosotros, el interés de los experimentos de Boyle radica en el lugar que ocupan dentro de la tradición mecanicista. Boyle creyó que la explicación del «impulso del aire» se hallaba en la mayor concentración de partículas que se producía cuando el aire era sometido a presión. Sus observaciones probaron que el aire se comportaba de acuerdo con principios mecánicos; tras de lo cual dedicó el resto de su vida a la búsqueda de una explicación similar para los cambios químicos. En su controversia con Clarke (véase posteriormente), Leibniz, autor del siglo XVIII, consideró a Boyle abogado

del mecanicismo inglés. Y acusó a Clarke —e implícitamente a Newton— de aceptar la existencia de fuerzas ocultas que Boyle había intentado destruir:

Mr. Boyle se fijó como tarea principal el inculcar que todo acontecía mecánicamente en la filosofía natural. Pero es sino de los hombres avanzar, en definitiva, con la misma razón partiendo del concepto... No tardan en aparecer las quimeras... [56].

La influencia de Boyle fue decisiva para la divulgación de la filosofía mecanicista en Inglaterra. Sin su aportación el mecanicismo se habría asociado o bien a los católicos Descartes y Gassendi, o al librepensador Hobbes.

Parte de la aportación de Boyle a la causa mecanicista se debe a su paciencia e ingenio para idear experimentos nuevos. En sus primeros años de científico (ca. 1660) hizo abundante uso de la recién inventada bomba de aire, que permitía conseguir el vacío sin el recurso al tubo de mercurio tradicional. Mediante la bomba de aire, Boyle fue capaz de llevar a cabo toda una serie de experimentos encaminados a dar respuesta a cuestiones concretas; por ejemplo, al efecto del vacío en la propagación del sonido. En 1669 publicó Boyle el siguiente relato de un experimento destinado a aclarar este punto, en relación al cual Mersenne aseguró haber probado cómo el vacío no afectaba al sonido de una campana suspendida en él. Boyle demostró que Mersenne estaba equivocado:

El resultado de nuestro experimento fue que, cuando el recipiente estaba bien vacio, algunas veces parecía dudoso, especialmente a algunos de los circunstantes, si se producía o no algún sonido; pero a mí casi siempre me pareció, tras de prestar mucha atención, que oía un sonido apenas perceptible; y además —y esto es extraño— daba la impresión de tener algo de estridencia, aunque —esto no es raro— parecía venir desde muy lejos... A fin de hallar qué influjo podía tener la presencia o ausencia del aire en la mayor intensidad

El caballero-científico o «virtuoso» fue un tipo característico del siglo XVII. El Honorable Robert Boyle era el hijo menor del Conde de Cork, además de ser el padre de la química inglesa.



o suavidad del sonido, hice que entrara algo de aire en el recipiente, no todo de golpe, sino en diversos tiempos separados por intervalos convenientes; y así fue fácil observar que, cuando había dentro un poco de aire, el golpe del martillo sobre la campana, que antes o no podía oírse o se oía muy suavemente, comenzó a oírse con más facilidad; y cuando inyectamos un poco más de aire el sonido aumentó y se hizo más audible, y fue agrandándose hasta que el recipiente volvió a estar lleno de aire.

Y si ya en los experimentos físico-mecánicos dados a conocer yo participé a vuestra señoría cuanto pude observar acerca del sonido de un reloj ordinario en un recipiente vacío, añado ahora que dicho experimento fue repetido no hace mucho, con la variante de suspender en el recipiente un reloj despertador bastante grande, intencionadamente dispuesto de tal modo que, antes de que comenzara a sonar, nos diese tiempo a sellar con gran cuidado el recipiente, vaciarlo con suma diligencia y a colocarnos nosotros mismos en actitud silenciosa y atenta. Y, para realizar este experimento con mayor precisión si cabe que los anteriores sobre el sonido, nos cercioramos de que no habia escape alguno por la parte superior mediante el empleo de un recipiente hecho todo él de una sola pieza de vidrio (y, por tanto, sin tapadera alguna) y provisto únicamente (por fabricación) de un botón de vidrio al que se pudiera atar una cuerda. Y puesto que podría sospecharse que si el reloj era suspendido con su propia cadena de plata la trepidación de la campana sonora se propagase a través de esa cadena metálica a la parte superior del vidrio, para evitar esto lo más posible colgamos el reloj no de su cadena, sino de un hilo muy delgado, cuyo extremo fue adaptado al botón antedicho.

Una vez tomadas estas precauciones y expulsado cuidadosamente el aire mediante una bomba, aguardamos en silencio el momento en que el despertador comenzara a sonar; momento fácil de saber con ayuda de nuestros relojes personales; mas como no oyésemos ruido alguno en el instante esperado, pedí a un caballero instruido que aplicara su oreja al botón de donde colgaba el reloj y que la mantuviera también muy próxima al recipiente; y nos aseguró que lograba percibir muy débilmente un sonido que parecía venir de lejos; pero ni nosotros, que escuchábamos atentamente desde otros puntos del recipiente, ni él cuando sus oídos dejaban de tener ventaja posicional sobre los nuestros, lográbamos cerciorarnos de oír, siquiera levemente, el

despertador. Mas habiendo ordenado que se inyectara un poco de aire, al prestar atención de nuevo comenzamos a oír el timbre, cuyo sonido era bastante raro; y, cerrada la llave para impedir el acceso de más aire, mantuvimos el sonido suave durante cierto tiempo; posteriormente permitimos que el aire entrase de nuevo, con lo que el sonido se hizo más audible; y, cuando abrimos del todo el paso del aire, los circunstantes pudieron oír claramente el ruido del despertador a una distancia considerable del recipiente...

De cuanto queda dicho puede deducirse qué juicio merece la afirmación del erudito Mersenne en el libro de sus *Harmónicos;* a saber, que los sonidos se transmiten en el vacío [57].

En éste y muchos otros experimentos Boyle se manifestó mecanicista. Como también dejó patente su mecanicismo en sus opiniones religiosas. Boyle creía que la naturaleza divina se revelaba en la creación, por lo que Dios resultaba ser en cierto modo un ingeniero, aunque perfecto. El Dios de Boyle, a diferencia del de Pascal, no era un Dios escondido, sino un ser que se complacía en manifestar su poder, bondad y sabiduría en la naturaleza.

Así logró Boyle que el mecanicismo resultara aceptable para muchos de sus colegas ingleses durante los años posteriores a 1660. Y, al hacerlo así, vino a formar parte de una reacción contraria al emocionalismo religioso, una nota tan destacada del período cromwelliano.

En su obra *Some Considerations of the Usefulness of Experimental Natural Philosophy* (1663), Boyle describió el mundo de la naturaleza como «una máquina incomparable» —que se manifestaba tal en fenómenos como la circulación de la sangre— «inventada» por la sabiduría de Dios.

En otro tratado que lleva por título *The Christian Virtuoso* (1690), Boyle habló expresamente de la divinidad como de un artífice:

Podemos decir con seguridad que la filosofía experimental aventaja notablemente a la escolástica. Porque en las escuelas peripatéticas, donde suelen atribuirse a las cosas ciertas formas sustanciales y cualidades objetivas (las

primeras tenidas por algo muy abstruso y misterioso, y las últimas —al menos muchas de ellas— como cosas ocultas), la descripción de los fenómenos naturales puede hacerse con pocas palabras, lo bastante generales para ser aplicables en casi todas las circunstancias. Pero tales explicaciones infructuosas ni obligan ni conducen al hombre a una investigación más profunda de la estructura de las cosas, de su manera de producirse y de operar las unas sobre las otras; y por ello son muy insuficientes para revelar la exquisita sabiduría manifestada por el Hacedor omnisciente en la configuración peculiar de los cuerpos, y los movimientos hábilmente regulados de ellos o de sus partes constitutivas. Considerando tales cosas, se origina en la mente del observador avisado la firme convicción de la existencia de un Artífice divino y el reconocimiento justo de su admirable sabiduría. Decir del ojo que es el órgano de la vista y que ésta viene constituida por la facultad de la mente, que gracias a su función específica se denomina visiva, sería dar al oyente una descripción bien mezquina del instrumento y el modo de la visión misma, o de la sabiduría de aquel Artífice, que, según las Escrituras, *fabricó el ojo.* Y quien logre familiarizarse con tan fácil teoría de la visión no estimará necesario molestarse en seccionar ojos de animales ni en estudiar los libros de los matemáticos para entender la visión; y, en consecuencia, sólo tendrá una idea muy pobre de la estructura del órgano y la habilidad del Artífice, en comparación con las ideas que ambas cosas procurarán a quien, siendo habilidoso en anatomía y óptica, con la ayuda de éstas toma separadamente las diversas capas, humores y músculos de que consta tan extraordinario instrumento dióptrico; y, tras haber considerado separadamente la figura, tamaño, consistencia, textura, diafanidad u opacidad, situación y conexiones de cada uno de ellos y su coaptación en el ojo entero descubrirá, mediante las leyes ópticas, qué maravillosamente se halla este órgano dispuesto para recibir los rayos de luz incidentes y cómo los organiza de la mejor manera posible para completar la representación viva de los casi infinitamente variados objetos perceptibles [58].

Boyle se diferenció de mecanicistas como Galileo y Descartes por su falta de pericia matemática. Su aportación a la revolución científica consistió en multiplicar determinados experimentos, que constituyeron una serie de martillazos capaces de socavar el aristotelismo

y las doctrinas mecanicistas, basados en la deducción más que en la observación. Boyle ha sido llamado «padre» de la química inglesa. Sería más apropiado llamarle «padre» del método experimental. Otros antes que él habían realizado experimentos, por ejemplo Torricelli y Pascal. Pero nadie antes que Boyle consagró su vida entera y su dinero a practicarlos y a publicar los resultados. De hecho, fue el entusiasmo y la generosidad de Boyle lo que permitió sobrevivir y florecer a la Royal Society, mientras su mecenas real, Carlos II, le dio el nombre y nada más. La llamada Society fue realmente la Sociedad de Boyle.

El mecanicismo y la Royal Society

La propagación del mecanicismo no se debió enteramente a la obra de ningún científico aislado. Fue también fruto de la constitución de grupos entusiastas, el primero de los cuales se formó alrededor de Galileo. Tras su muerte en 1642, fueron Torricelli y Viviani los continuadores de su obra. Asumió el grupo un estatuto más formal como Accademia del Cimento, bajo el patronazgo de Leopoldo de Toscana, durante los años 1657-1667, y luego se disolvió otra vez en un grupo informal. En Bolonia hubo una Sociedad de Anatomía —el «Coro Anatómico»— compuesto de nueve miembros. Grupos parecidos rodearon en París a Mersenne y más tarde a Henri Louis de Montmor (1634-1679).

El equivalente inglés de este fenómeno fue el grupo de científicos de Oxford, que se congregó en el Wadham College por los años de 1650; y más tarde, desde 1661, constituyó el núcleo de la Royal Society.

Su creencia en el mecanicismo y la sensación de hallarse rodeada por la ortodoxia aristotélica dio a los primeros años de la Royal Society un carácter misionero. No todos los miembros de la sociedad eran entusiastas del mecanicismo; pero lo eran, y mucho, los tres hombres básicos del grupo: Boyle, Oldenburg y Hooke. Entendían la organización como una sociedad misionera y sus *Transactions* se

publicaron en forma de folleto misional. El celo de Oldenburg en escribir a los pensadores afines de toda Europa fue extraordinario. Por más que gritase que la Royal Society no tenía interés alguno por materias teológicas y metafísicas, de hecho el mecanicismo fue el evangelio que se predicó.

Hooke (1635-1703) fue el primer encargado de experimentos en la Royal Society y se hallaba estrechamente vinculado a Boyle en el desarrollo de los de carácter mecanicista, incluido el de Torricelli, que llevó a cabo en la catedral de San Pablo. Su colega Oldenburg mencionó este hecho en una carta a Boyle (25 de agosto de 1664):

Habiendo juzgado la cima del campanario de San Pablo lugar a propósito para algunos experimentos, se dio ayer la orden de intentar allí el descenso de los cuerpos que caen, el experimento de Torricelli y las vibraciones de un péndulo cuya longitud igualaba a la que existe desde lo más alto hasta el pavimento de la iglesia, altura que en perpendicular es de unos 200 pies [59].

Como encargado («curator») de experimentos, Hooke ocupaba un puesto capaz de tener gran influencia en el desarrollo de la política experimental; y a él se debió, sin duda, junto con Boyle y Oldenburg, que la Royal Society adoptase una línea mecanicista en sus primeros años.

La actitud mecanicista de Hooke se refleja con gran claridad en su libro *Micrographia,* que aparentemente era un relato «neutral» de las observaciones hechas con un microscopio.

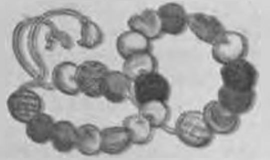
De hecho, gran parte del libro se componía de relatos descriptivos de insectos y animales, pero el tono lo daba la postura mecanicista de Hooke. Como él mismo escribió en su descripción de las semillas del tomillo:

... los terrones y glebas de tierra son todos irregulares, mientras en los mine-



La *History of the Royal Society*,
de Thomas Sprat, fue un importante elemento
para la publicidad de este organismo,
ya que el patronazgo de Carlos II le dio gran
relieve, pues aunque no recibió de él más
que su bendición general, el adscribirlo
a la corona lo benefició tanto o más que
un donativo.

ſtitioſe quidem pleraq; omnia, in luxum & oſtentationem mox abijſſe apud gentiles: in noſtra verò religione earum nonnulla, vt monilia & armillas, ad pietatem aliquos trahere conatos, globulos precarios in vſum produxiſſe. Nos hic globulorum ſeriem,



figuris eorũ diuerſis exhibemus: quoniam in alijs aliæ effingi ſolent figuræ: rotundæ, læues, angulatæ, rhombis diſtinctæ. inter cæteros vnus magna ex parte eroſus apparet: quem idcirco addidi, quoniã talem ex gẽmis quas Chalcedonios vulgò nominãt, in Gallinacei ventriculo reperi, tẽporis mora calore eius, vt conijcio, ea parte cõſumptum. In duobus muſcæ apparet, qui



Annulus cum Callimo lapillo, duplici facie humana inſigni, infrà ponetur cap. II.

C. Capulis cultrorum & enchiridiorum aptãtur Cryſtalli, Iaſpides, & aliæ forſan gemmæ.

Cochlearia fiunt è Succino perquã elegantia. Item ex marmore Zebliſio, (vt Agricola nominat ab oppido Miſenæ iuxta quod effodit: videt aũt

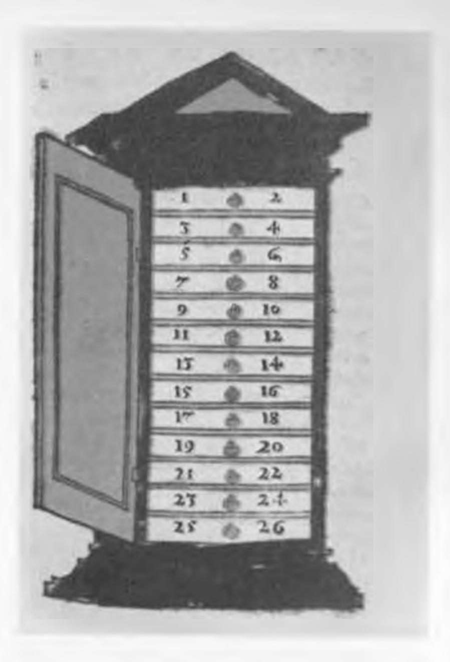
Oo 2

rales la naturaleza comenzó a geometrizar y poner en práctica, por decirlo así, los primeros principios de la mecánica, configurándolos con formas y figuras planas y regulares, como son los triángulos, cuadrados, etc., y los tetraedros, cubos, etc. Pero ninguna de estas formas es comparable a la [forma] más compuesta de los vegetales; porque aquí la naturaleza va más lejos dotándolos de figuras más complicadas y añadiendo también a su estructura innumerables curiosidades e invenciones mecánicas. [En los animales] hallaremos no sólo figuras de composición mucho más ingeniosa, sino también los más sorprendentes mecanismos e invenciones (*Micrographia*, página 154).

Al describir las plumas de las aves, Hooke aludió al «mecanismo de la naturaleza»; y, más tarde, al describir las patas de los insectos, afirmó que

la naturaleza provee siempre de los instrumentos más apropiados, hasta el punto de que son los más aptos y convenientes para cumplir sus funciones, y los más simples y sencillos que se pueda imaginar... Y en la pata de una araña existe un mecanismo no menos admirable y maravilloso (*Ibid.*, p. 165).

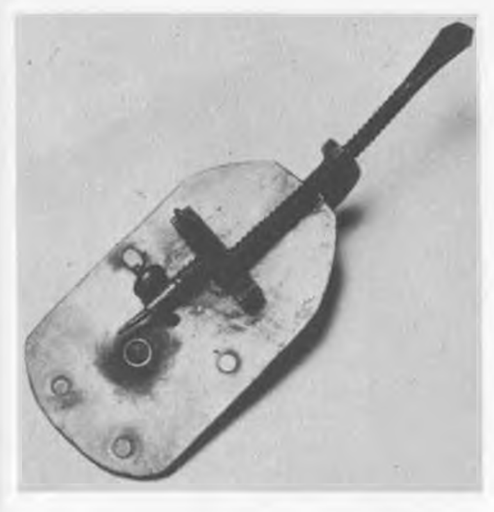
A John Kentman, de Dresden, «geólogo» del siglo XVI cuyo catálogo de minerales fue publicado por Conrad Gesner en su *Rerum Fossilium* (1565), le interesaban más los prodigios que las regularidades de la naturaleza, y envió a Gesner una relación de las piedras que se encontraban en el cuerpo humano. Este clasificaba las piedras por las marcas de su superficie o por otros objetos de la naturaleza. *Derecha.* Lugar donde Kentner guardaba su colección. *Izquierda.* Gesner explica el significado de las piedras semipreciosas como ornamentos de lujo, pero que en «nuestra época de piedad» frecuentemente se utilizan para hacer objetos piadosos como el rosario que aquí vemos.



La interpretación que Hooke hizo del mundo de la naturaleza apuntaba la existencia de un Mecánico Supremo responsable del plan del universo:

> para concluir —escribió— hallaremos en todas las cosas que la naturaleza no sólo trabaja mecánicamente, sino con tan excelentes, sencillas y maravillosas invenciones, que sería imposible a cualquier razón humana encontrar una invención para hacer la misma cosa y que tuviera propiedades más aptas. ¿Habrá alguien tan orgulloso que considere todo esto producto de la casualidad? Desde luego [puesto que los hay], o su raciocinio [facultad de razonar] tiene que estar completamente depravado, o nunca se detuvieron a admirar y contemplar las obras del Todopoderoso (*Ibid.*, p. 171).

Los detalles que puso de manifiesto el microscopio pudieron haber sido interpretados por un aristotélico como pruebas favorables a la existencia de causas finales en la naturaleza. Hooke, sin embargo, echó mano de ellos para impugnar las doctrinas aristotélicas de la materia y la forma, estimando que el progreso sólo podía venir de «la filosofía real, mecánica, experimental», y no de «la filosofía discursiva y de disputa», es decir, la de Aristóteles.

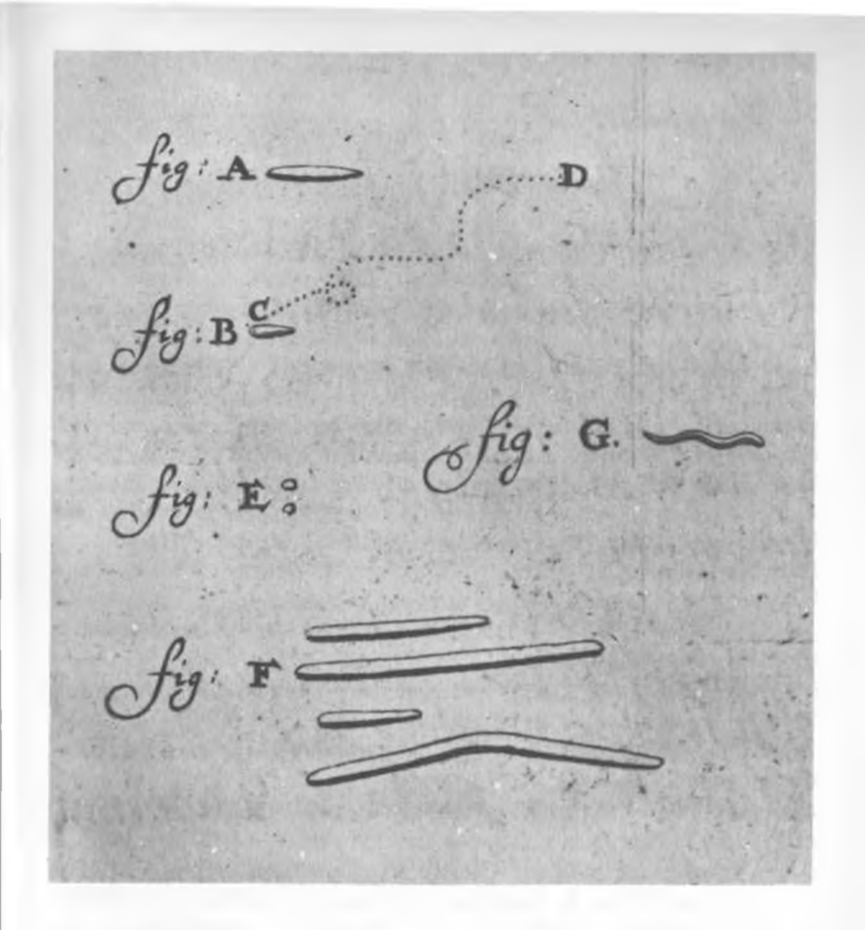


Izquierda. Microscopio (réplica) de Antonio van Leeuwenhoek (1632-1723), de hacia 1680, 27 × 47 milímetros. El microscopio debía haber tenido una influencia comparable a la del telescopio en el descubrimiento de nuevos mundos, pero Robert Hooke informó en 1692 a la Royal Society que los estudios microscópicos «se reducían casi a un único experimentador, que es Mr. Leeuwenhoek; exceptuado él, yo no he oído de nadie que haga uso de ese instrumento con otras miras que la diversión y el pasatiempo». *Derecha.* Primeras bacterias vistas por el microscopio y descritas por Leeuwenhoek.

Hacia fines del siglo XVII, la idea mecanicista de lo que debía ser un experimento había hecho grandes progresos a expensas de las otras dos tradiciones. En el campo de la química, hasta entonces dominada por los alquimistas, Nicolás Lemery introdujo un nuevo sistema de nomenclatura con su manual escolar *Cours de Chymie* (1675). Lemery criticó especialmente el empleo de los nombres pretenciosos y oscuros impuestos a las sustancias químicas. Boyle, en *The Sceptical Chemist* (1661), lanzaba también un ataque contra Aristoteles y alquimistas a la vez. En este y otros casos la tradición mecanicista ganó batallas decisivas, aunque la campaña no quedara decidida hasta las reformas de Lavoisier a finales del siglo XVIII.

Hobbes

No podemos dejar el mecanicismo inglés sin detenernos en Hobbes. Thomas Hobbes (1588-1679) ocupó un lugar destacado en el grupo mecanicista. Mersenne era gran admirador suyo, y Descartes le envió copia de sus *Principia Philosophiae* para que se los comentase. La política de Pascal evoca la del *Leviathan*, de Hobbes. De hecho, la importancia de Hobbes ha sido subestimada por los historiadores. Su interpretación mecanicista del hombre y de la política fue un intento significativo de llevar la mentalidad de Galileo a áreas deja-



das exclusivamente en manos de los aristotélicos. Hobbes aplicó el mecanicismo, más allá del mundo de la naturaleza, a la ética y la psicología. Pero la actitud hostil con que fue saludada la aparición de *Leviathan* (1651) prueba que la tradición mecanicista era todavía patrimonio de un reducido número de intelectuales.

Hobbes fue un sistematizador de tradición continental. Empezó con una versión mecánica de la naturaleza humana y pasó luego a construir un sistema de ética y política sobre ella. Consideró el movimiento como factor esencial de la vida humana. Los hombres nunca cesan de apetecer algo, y tan pronto como un deseo ha sido satisfecho, aparece otro. La visión que Hobbes tuvo de la naturaleza

humana era aplicación de la doctrina de Galileo al sostener que lo natural es el movimiento, no la quietud. El universo carecía de finalidad; y mientras los aristotélicos veían en el hombre un apetito hacia el bien, Hobbes dio la vuelta a esta idea cuando sostuvo que los hombres denominan bien aquello que apetecen. Dentro de este universo las leyes naturales no eran reflejo de cierta racionalidad presente en él; eran sólo teoremas que los hombres aceptan con miras a su paz y tranquilidad. El Estado no constituía una unidad orgánica natural al hombre; era creación de un artífice, una máquina dominada por la voluntad del artífice supremo. que es el soberano. Tales fueron las ideas que Hobbes asimiló durante su exilio en París y utilizó brillantemente.

El mecanicismo de Hobbes era el extremo opuesto de la visión aristotélica del mundo. Y distaba otro tanto de los neoplatónicos. El mundo de Hobbes carecía de misterios. El misterio, tal como se presentaba, procedía de errores en las definiciones que podían llevar al investigador a romperse la cabeza contra paredes imaginarias. Hobbes no tenía tiempo para las fantasías —así las consideró— de un mundo animista. Y así, rechazó fantasmas, hadas y brujas como ficciones imaginativas. Redujo el papel de los milagros al margen de la existencia y arrojó a Dios de su propia creación. «Cuando un hombre me dice que Dios le ha hablado en sueños, yo pienso que soñó que Dios le hablaba». El Dios de Hobbes era también un Dios escondido. Hobbes fue un Pascal sin necesidad de conversión.

La obra de Hobbes sólo puede entenderse habida cuenta de los antecedentes científicos del círculo de Mersenne y de su sucesor, que gozó del mecenazgo de Montmor; pero no logró en Inglaterra el éxito que tuvo en el continente. Aunque fuera autor de una obra maestra de la literatura inglesa, se hallaba vinculado a la sistematización continental. Los pensadores ingleses más influyentes del siglo XVII rechazaron las ideas de Hobbes y, en su mayor parte, las de su colega mecanicista Descartes. Locke, con su escepticismo radical sobre el progreso de la ciencia, fue baconiano en el fondo. Hasta Bentham no renacería la tradición de Hobbes.

Buena parte del interés de Hobbes para la historia radica en el hecho de que sus interpretaciones mecanicistas de la naturaleza humana, de la política y de la religión fueron consideradas inaceptables por muchos de sus contemporáneos. No podían admitir su pesimismo acerca de la naturaleza humana. Seth Ward, John Bramhall y Edward Hyde levantaron sus puños contra él. Implícitamente pusieron bajo sospecha toda la interpretación mecanicista del mundo. Aceptaban aún la visión aristotélica de la ética y de la política porque era la aceptada por la buena sociedad y por estar muy arraigada en el marco de la educación inglesa y de la religión.

Esto mismo era verdad en el continente. La fuerza de que gozaban el código de las buenas formas de la aristocracia y la visión jerárquica de la sociedad suponía una enorme barrera para el progreso del mecanicismo. No se podía esperar que Europa cambiase su mentalidad de la noche a la mañana para echarse en manos de hipótesis juzgadas peligrosas e inseguras. La victoria del mecanicismo no iba a tener lugar hasta finales del siglo XVII.

6 El gran anfibio: Isaac Newton

A primera vista, Newton (1642-1727) parece pertenecer, sin duda alguna, a lo que venimos denominando tradición mecanicista. En sus *Principia* (1687) puso las bases de una nueva visión del universo en la que los planetas se movían conforme a las mismas leyes que gobernaban la caída de un cuerpo al suelo. Newton incluyó a los planetas y las pedrezuelas más diminutas en el mismo esquema general de explicación, y su síntesis iba a ser tomada por Voltaire y los fundadores de la Ilustración como base para una filosofía mecánica. El Dios newtoniano se convirtió en la divinidad indiferente del siglo XVIII.

El universo fue considerado como un gigantesco mecanismo de relojería. La naturaleza humana era descrita en términos de reacciones casi mecánicas al placer y el dolor. En todo esto la influencia de Newton parece incuestionable.

La vertiente mecanicista de Newton se puso de relieve en sus experimentos sobre la luz, llevados a cabo por primera vez en 1666 y publicados muchos años después bajo el título de *Optica* (1704). Sus experimentos demostraban que la luz se comporta según leyes mecánicas cuando atraviesa medios distintos. Newton probó también que la luz blanca se componía de rayos de los colores primarios:

> La blancura es el color habitual de la luz: porque la luz es una agrupación confusa de rayos matizados con toda clase de colores [60].

Así echaba por tierra la idea mística de la luz blanca, tomada como símbolo espiritual. De hecho, Newton llegó a considerar la luz como explicable únicamente como chorro de corpúsculos o partículas. Los experimentos de Newton se adaptaban muy bien al plan de Boyle de explicar todos los fenómenos naturales mediante el tamaño, la figura y el movimiento.

En su primera maduración intelectual Newton sufrió, sin duda alguna, la influencia mecanicista. Como matemático debía mucho a Descartes, cuya *Geometria* y *Dióptrica* leyó en 1664. Estudió también la *Micrographia*, de Robert Hooke, otro mecanicista, y llevo a

cabo algunos experimentos de Robert Boyle en filosofía mecánica. Aún más concluyentes son las muchas alusiones a Galileo en sus *Principia.* El concepto de Galileo sobre la aceleración y sus experimentos en torno a la caída de los cuerpos ejercieron un influjo decisivo sobre él.

En el prefacio a la primera edición de los *Principia,* Newton decía haber dado explicación al movimiento de los planetas, los cometas, la luna y el mar, según principios mecánicos. Llegó a afirmar:

> Espero que podamos deducir todos los demás fenómenos naturales por el mismo tipo de razonamiento a partir de principios mecánicos; porque son muchas las razones que me inclinan a sospechar que todo depende de ciertas fuerzas, merced a las cuales las partículas de los cuerpos, por causas hasta ahora desconocidas, o se empujan mutuamente entre ellas llegando a formar figuras regulares o se repelen y separan unas de otras.

Newton confiaba en que los principios mecánicos iluminarían todos los aspectos de la naturaleza.

A pesar de todo este mecanicismo, Newton rehusó una explicación sólo mecánica del universo. No quiso sacar la consecuencia de que «causas exclusivamente mecánicas» produjeran los movimientos regulares de los seis planetas primarios y de los diez satélites que giraban en torno a la Tierra, Júpiter y Saturno. Estimaba que

> este bellísimo sistema del sol, los planetas y cometas sólo puede proceder de la sabiduría y el poder de un Ser inteligente y soberano.

Esto era obvio incluso en la disposición de las estrellas fijas, que habían sido colocadas a distancias enormes unas de otras para que la gravedad no las hiciese aproximarse y chocar.

Esta faceta del pensamiento newtoniano impide clasificarlo sin más como mecanicista puro. Parece darse en la postura de Newton cierta ambivalencia que lo vincula a otros modos más tradicionales de pensar. Hace tres décadas, el economista John Maynard Keynes,

Retrato de Isaac Newton (1642-1727).
Como pilar del «Establishment»,
no toleraba de buen grado a los necios,
y a los rivales, en modo alguno.



que compró los manuscritos de Newton, llegó a la conclusión de que estaba mejor encuadrado en la tradición alquimista medieval que en el mecanismo del siglo XVIII:

¿Por qué razón lo denominó mágico?

Porque consideró el universo entero y todo cuanto encierra *como un enigma*, como un secreto que podía adivinarse mediante la sola aplicación del pensa-

miento a ciertos testimonios, ciertas claves místicas que Dios puso en el mundo para organizar una especie de carrera para la fraternidad esotérica. Estimaba que esas claves podían hallarse, en parte, en el testimonio de los cielos y en la constitución de los elementos (y de aquí deriva la idea equivocada de que fue un filósofo experimental de la naturaleza), y en parte también en algunos documentos y tradiciones heredados por los hermanos a través de una cadena ininterrumpida que se remonta a la misteriosa revelación original de Babilonia. Miraba el universo como un criptograma preparado por el Todopoderoso, de modo parecido a aquel en que él mismo envolvió su hallazgo del cálculo infinitesimal cuando lo puso en conocimiento de Leibniz. Mediante el solo pensamiento, por la sola concentración mental, creyó que dicho enigma podía hacerse manifiesto al iniciado [61].

Este juicio pareció una paradoja estrafalaria, aun cuando se basara en los testimonios de las notas personales de Newton. Sin embargo, E. A. Burtt insistió de nuevo en un punto semejante en su libro *Metaphysical Foundation of Modern Science* (1932). Burtt puso de manifiesto que tras de los conceptos científicos de Newton acerca del espacio y tiempo absolutos se ocultaban sus opiniones teológicas. Y Alexander Koyré, en su brillante libro titulado *From Closed Space to Infinite Universe* (1957), esgrimió argumentos parecidos.

Más recientemente aún (1966), dos historiadores británicos, Rattansi y McGuire, en un artículo cuyo título era *Newton and the Pipes of Pan*, sostuvieron que Newton quiso incluir en sus *Principia* una declaración de sus creencias religiosas e históricas. El pasaje es digno de citarse porque revela a Newton como creyente en la filosofía pitagórica y en la teología antigua (*prisca theologia*). En un borrador de escolio a la Proposición VIII de los *Principia*, Newton afirmaba que Pitágoras se le anticipó en el descubrimiento de que la fuerza de la gravedad variaba en proporción inversa al cuadrado de la distancia:

Porque Pitágoras, según testimonio de Macrobio, estiraba los intestinos de las ovejas o los tendones de los bueyes atándoles varios pesos, y a partir de

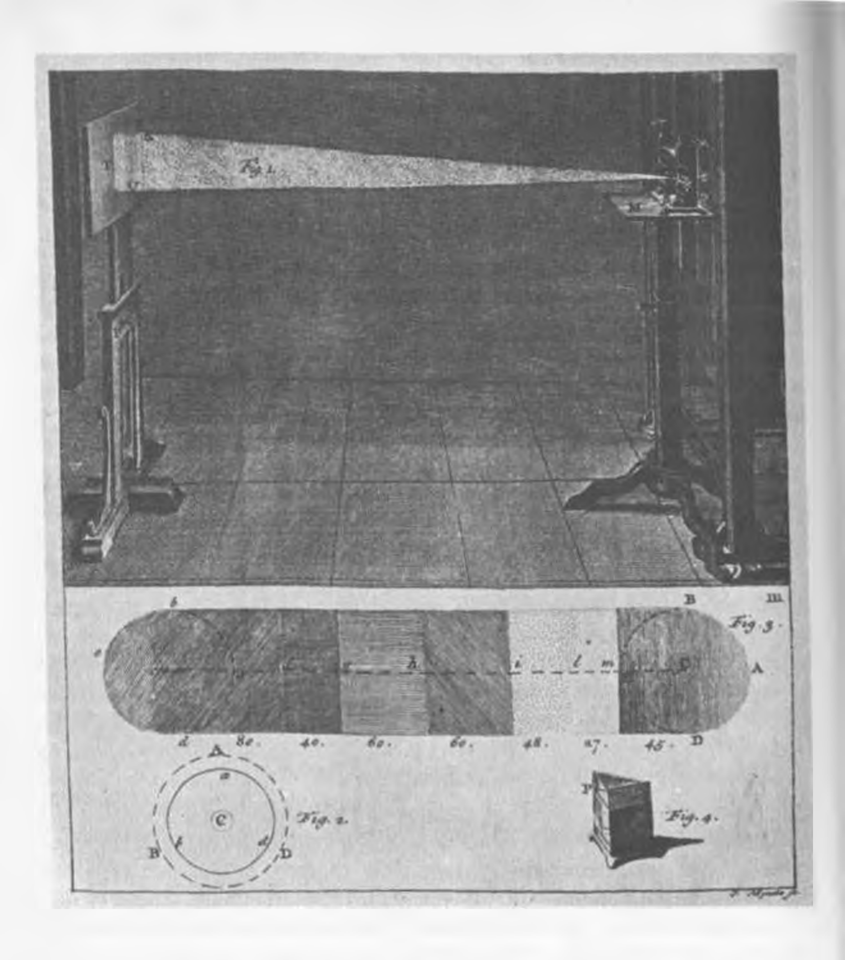
esto aprendió la razón de la armonía celeste... la proporción descubierta mediante tales experimentos, según testimonio de Macrobio, la aplicó a los cielos y, consiguientemente, al comparar esos pesos con los de los planetas y las longitudes de las cuerdas con las distancias planetarias, entendió mediante la armonía de los cielos que los pesos [tensión] de los planetas hacia el sol se comportaban recíprocamente como el cuadrado de sus distancias respecto del sol [62].

En escolio a la Preposición IX, Newton afirma que los antiguos atribuían el maravilloso arte y sabiduría de las leyes naturales a la intervención de un poder divino:

A algunas de estas leyes parecen haber aludido los filósofos antiguos cuando llamaron a Dios «Armonía» y representaban su poder dinámico con la imagen musical del dios Pan tocando el caramillo, y atribuyeron música a las esferas, haciendo armónicos la distancia y los movimientos de los cuerpos celestes, y representaron los planetas con las siete cuerdas del arpa de Apolo [63].

Las implicaciones de estos pasajes son decisivas para nuestro enjuiciamiento de Newton. Gracias a ellos podemos catalogarlo, en parte al menos, dentro de la tradición mágica de la ciencia. No hay necesidad alguna de seguir haciendo una distinción clara entre el Newton científico, que miró hacia el futuro de la ciencia moderna, y el Newton historiador y alquimista obsesionado, por alguna razón extraña, con las prácticas trasnochadas del pasado. Dicho en pocas palabras: Newton fue un segundo Kepler, cuyas intuiciones científicas procedían de sus creencias acerca del mundo como un todo. Sus *Principia* no fueron una pieza aislada de investigación científica, sino parte de una gran síntesis religiosa e histórica y obra de un gran sistematizador.

Si consideramos los *Principia* como un trabajo científico similar al *Harmonices Mundi*, de Kepler, la repugnancia de Newton a echarse en manos de una visión mecanicista del cosmos se torna explicable. Para nosotros, todas las implicaciones de los hallazgos new-



tonianos apuntan a la conclusión de que el mundo era una máquina. Pero él mismo insistió en lo contrario, puesto que vio a Dios empeñado de continuo en la conservación del universo y corrigiendo sin cesar los pequeños errores que, abandonados a sí mismos, causarían un desastre. El Dios de Newton no era un mecánico; su presencia era parte de la naturaleza misma de las cosas.

De hecho, Newton consideró el espacio y el tiempo como parte de la divina presencia en el universo. El espacio absoluto era el *sensorium* de la divinidad. En una famosa controversia con Leibniz, Samuel Clarke sostuvo el punto de vista de Newton sobre esto.

Esta imagen muestra uno de los experimentos más famosos de toda la historia de la ciencia, a saber, el experimento newtoniano del prisma, en que demostraba cómo la luz del sol se descompone en diversos colores. Como consecuencia, quedó descartada la significación mística concedida a la luz.

El cosmos newtoniano no era una creación secular, sin Dios; estaba impregnado de la presencia divina. Newton fue neoplatónico de hecho.

Durante los cincuenta años largos transcurridos entre la muerte de Kepler (1630) y la composición de los *Principia* (1687), el ambiente intelectual de Europa había cambiado mucho. Acaso el cambio más notable fuera la aparición de la filosofía mecánica, que tuvo en Descartes un instrumento decisivo. Por lo que atañe a Inglaterra, la actitud mecanicista de Hobbes fue igualmente importante, si no más. El mecanicismo de Hobbes, tal como fue expuesto en *Leviathan* (1651) y otros escritos, se convirtió en el gran espectro de Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVII, y el término «hobbista» se hizo tópico abusivo entre los intelectuales.

La defensa del mundo del espíritu pasó a ser la mayor preocupación de muchos teólogos y científicos eminentes, entre los que se hallan los platónicos de Cambridge (mejor llamados neoplatónicos, según queda dicho) Henry More, Benjamin Whichcote, Ralph Cudworth y algunos otros. En la mayor parte de los estudios históricos que les conciernen, los platónicos de Cambridge aparecen como apóstoles de la tolerancia, la luz y la ilustración. Pero no es ésta toda la verdad. Un hombre como Henry More se hallaba obsesionado con la noción de *theologia prisca*, la teología antigua, como aparece en la Cábala, los neoplatónicos y, con las debidas reservas, en Trismegisto. El universo era un alma viviente, no una máquina muerta. Verdad es que More recibió al principio el cartesianismo con entusiasmo; mas, apenas las implicaciones de la actitud de Descartes se vieron claramente, More dio marcha atrás. Tanto él como Ralph Cudworth fueron los principales defensores ingleses del punto de vista neoplatónico en la segunda mitad del siglo XVII. Y su blanco indiscutible fue Hobbes.

Newton se formó en Cambridge por los años de 1650, y leyó a los platónicos de allí. Sus cuadernos de notas revelan el tipo de interés hacia el pasado, que propugnaban los neoplatónicos. Mostró curiosidad por la Cábala y, como queda dicho, hace mención de Trismegisto. Esto justifica el que consideremos los *Principia* como parte

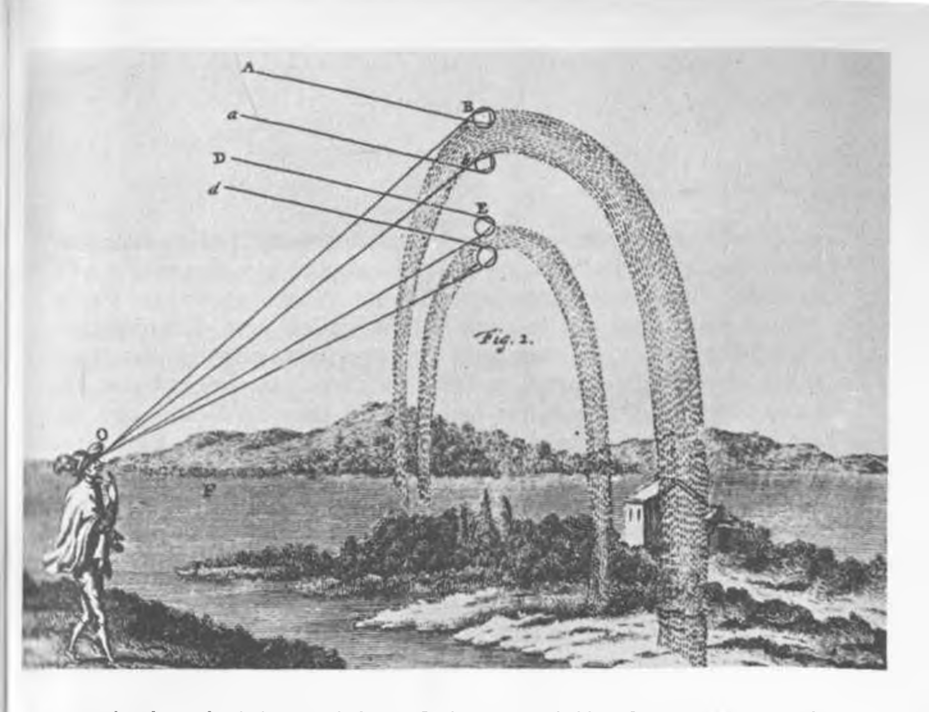
Esta ilustración procede de una obra popular sobre la ciencia newtoniana publicada en el siglo XVIII en que se demostraba la formación del arco iris. Una de las consecuencias de los hallazgos de Newton fue el interés por los colores que manifestaron los poetas del siglo XVIII.

del cuadro general en la evolución ideológica de Newton. Y hasta podríamos incluirlo entre los platónicos de Cambridge.

En su vertiente científica —si es lícita la distinción—, Newton tomó por base la obra de Kepler. Con otras palabras, fue el lenguaje matemático del universo lo que cautivó su atención. Newton clavó su mirada en el científico medio olvidado, pasado de moda y místico de la corte de Rodolfo II. Hizo suyas las tres leyes de Kepler y, tomando como punto de referencia la ley de Galileo sobre la caída de los cuerpos, fijó matemáticamente la ley de la gravedad en su aplicación al cosmos entero. Una ley que Kepler habría aprobado: la atracción mutua de dos masas varía en proporción inversa al cuadrado de la distancia que las separa.

Esto nos parece a nosotros ahora una asombrosa muestra de intuición; Newton alumbraba con ello una síntesis capaz de relegar al olvido a todos sus predecesores. Mas los *Principia* no recibieron la acogida que nosotros podríamos imaginar. Podía predecirse que la reacción aristotélica iba a serle hostil, y lo mismo el juicio de los cartesianos. Estos, que por entonces eran ya una fuerza con la que había de contarse en Holanda y en Francia, rechazaron la tesis de Newton basándose en que se apoyaba sobre la idea de una «acción a distancia», es decir, debida a fuerzas ocultas. Treinta años después de la publicación de los *Principia*, Leibniz impugnaba la obra diciendo: «lo que ha pasado en la poesía ocurre también en el mundo filosófico. La gente está ya cansada de amores racionales... y se vuelve ahora de nuevo a los cuentos de hadas». Newton se apropió las ideas keplerianas de la fuerza ejercida por el sol sobre los planetas, y la trasladó a algo todavía más fantástico: la atracción mutua de las masas. Esto era inaceptable para los nuevos mecanicistas, inspirados como los cruzados cartesianos y ahora a punto de lograr el éxito tras décadas de opresión. Los cartesianos rechazaron a Newton por la misma razón que Galileo y Descartes rechazaron a Kepler. No se trataba del choque de lo «antiguo» y lo «moderno», sino de dos esquemas antagónicos.

Christian Huygens, el cartesiano holandés, tachó de «absurdo» el principio newtoniano de la atracción e «imposible de explicar



por ningún principio mecánico». Leibniz escribió a Huygens en 1693 aludiendo a Newton —emparejado con Aristóteles— como a un hombre que creía en «simpatías» y «antipatías», es decir, en atracciones y repulsiones que eran del todo inaceptables. Fontenelle, cuyos *Entretiens* se convirtieron en introducción al sistema heliocéntrico para el lector corriente, adoptó una postura también contraria a Newton. Sólo cuando Voltaire publicó su introducción a las ideas newtonianas, hacia 1730, lograron éstas alguna audiencia en Francia. La causa de tal rechazo es bastante clara. Las teorías de Newton llevaban un aire de neoplatonismo que las hacía descabelladas para muchos mecanicistas. De hecho, es preciso decir que Newton estaba en algún modo «anticuado» según los patrones continentales. Los historiadores de la ciencia parecen hallarse de acuerdo en que Leibniz fue, sin duda, el matemático más capaz, y que las matemáticas inglesas tardaron largo tiempo en liberarse del influjo de Newton sobre la ciencia de ese país en los últimos años, cuando confiaba las posiciones clave sólo a quienes estaban de acuerdo con él. Los que tenían la desgracia de oponerse a él, como el astrónomo Flamsteed, cometían un suicidio profesional [44].

Desde nuestro punto de vista, la importancia de Newton va vinculada a su copulación de las tradiciones mecanicista y mágica. En una de ellas, el mundo era una obra de arte y Dios su artista. En la otra, el mundo era una máquina y Dios su ingeniero. Los dos cuadros del mundo eran claramente incompatibles, pero Newton consiguió obviar la dificultad creando un Dios que combinaba la habilidad técnica y la solicitud artística. El Dios de Newton era un mecánico artista que jugaba de continuo con su creación. Este compromiso de tradiciones apenas sobrevivió a la muerte de Newton. La tendencia general de los científicos del siglo XVIII era considerar el mundo como una máquina. Newton, el gran anfibio, logró tender un puente entre los dos mundos, mas no lo consiguieron sus sucesores. De ahí que los *Principia* pudieran llegar a considerarse fundamentos de la visión mecanicista del universo.

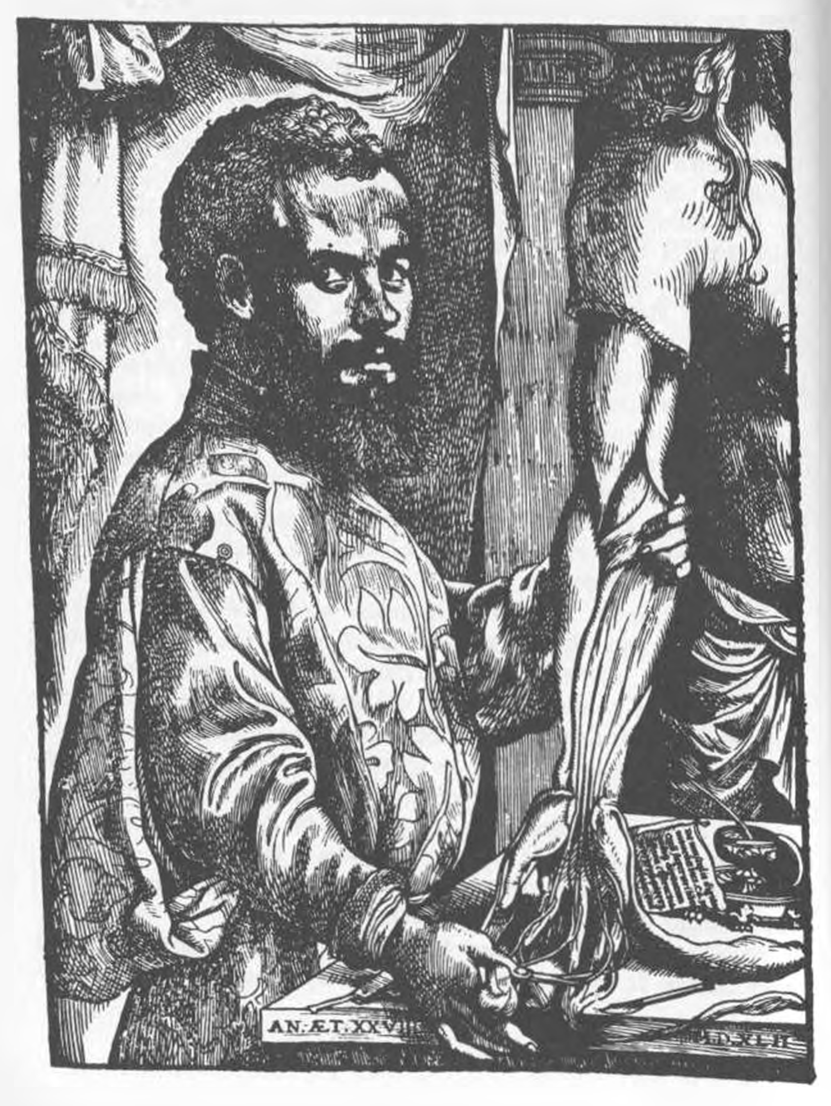
7 Ambiente social de la revolución científica

Hasta aquí nos hemos ocupado de presentar con cierto detenimiento las tres tradiciones científicas en el marco de la historia de las ideas. Pero ahora vamos a dar un paso más planteándonos la cuestión de hasta qué punto las dichas tradiciones se vieron asociadas a determinado ambiente social. Para el intelectual aristotélico, la respuesta parece bastante clara. La revolución científica, en tanto en cuanto se dio dentro de la tendencia aristotélica, fue obra de los médicos seguidores de Galeno. El médico era miembro de un círculo pequeño y adinerado, y formaba parte de una de las tres principales profesiones de la sociedad de los siglos XVI y XVII. En cuanto al número, los médicos eran mucho menos abundantes que los clérigos o abogados; pero eran los únicos en esa tríada de profesiones que tenían que habérselas profesionalmente con los fenómenos naturales.

La aparición del médico fue un hecho social del siglo XVI. Prestaba sus servicios a la aristocracia, la burguesía y los comerciantes que proliferaban en el interior de las ciudades; y en las postrimerías del siglo XVI la medicina tuvo un lugar muy destacado en aquellos centros de formación selecta que se llamaron universidades. El alza en prestigio y el crecimiento numérico no significan que la profesión médica estuviese automáticamente orientada hacia una revolución científica. Casi todos los médicos aceptaban la autoridad de Galeno. Por lo común, las actitudes jerárquicas acerca del universo, la sociedad y la naturaleza eran asimiladas fácilmente por la doctrina médica, y no existían divisiones claras entre el mundo clerical del aristotelismo y el mundo médico del galenismo. En esta coyuntura intelectual, la tensión por el cambio era relativamente escasa, y surgió más bien de la necesidad de clarificar la doctrina de las autoridades médicas admitidas, especialmente Galeno. La medicina se vio afectada por el Renacimiento en el sentido de que fueron accesibles textos más puros de Galeno, y gracias a la invención de la imprenta se difundieron más. La tensión por el cambio nació en el seno mismo de la tradición intelectual.

Vesalio, que se formó en Lovaina y París y procedía de una larga cadena de médicos y boticarios de corte, fue por muchos con-

La diferencia social entre la ciencia de Vesalio y la de Paracelso es evidente con sólo comparar este retrato con el de la página 205. Aquí vemos a Vesalio como miembro prestigioso de una élite médica.



ceptos una figura típica de esa élite médica altamente educada. Compartió el entusiasmo de su tiempo por las ideas humanistas y se vio continuador de Galeno, a quien consideraba como hombre siempre dispuesto a corregirse a sí mismo en presencia de ulteriores descubrimientos. Vesalio aceptó la teoría galénica sobre la medicina, aunque con ciertas reservas acerca de su enseñanza con respecto a la anatomía humana. Los progresos atribuidos a Vesalio tuvieron lugar en un marco tradicional que él mismo, según dice, trató de librar de las acrecencias más recientes.

Otra figura típica fue William Harvey, médico de Carlos I y miembro del Royal College of Physicians, un cuerpo socialmente restrictivo. Como Vesalio, Harvey desplegó su actividad intelectual y social entre grupos selectos. La gran distancia social entre el médico, por un lado, y el cirujano y el boticario, por otro, eran aceptadas como el equivalente médico de otras distinciones en la sociedad en general.

Y así, podemos concluir que las raíces sociales del cambio científico dentro de la tradición aristotélico-galénica hay que buscarlas en la profesión médica. Fue en este grupo relativamente pequeño donde se puso en marcha un aspecto de la revolución científica. Su conservadurismo no debería subestimarse. El descubrimiento harveyano de la circulación sanguínea tardó mucho en hallar acogida. Pero, hechas todas las reservas, queda en pie que el médico de los siglos XVI y XVII jugó un papel en la revolución científica.

Según hemos visto, la mentalidad originada en esta tradición era más biológica que matemática. La actitud de Harvey puede considerarse típica por el hecho de que su interés acerca de cuanto atañe al corazón procedía de la idea galénica que lo consideraba el órgano supremo del cuerpo. Por otra parte, los discípulos de Galeno estaban imposibilitados para hacer otros descubrimientos; rechazaban como inútiles los remedios químicos y por eso no tuvieron parte alguna en los progresos de la química durante los siglos XVI y XVII. Cabría recordar aquí, a título comparativo, la división de la psicolo-

Una demostración anatómica llevada a cabo por Pedro Paaw (1564-1617) en Leyden. En la escena hay un tono moralizante sugerido por el esqueleto que domina la sala y la variación de tipos humanos que aparecen.

gia moderna en varias escuelas ideológicas, cada una con su propia orientación y técnicas.

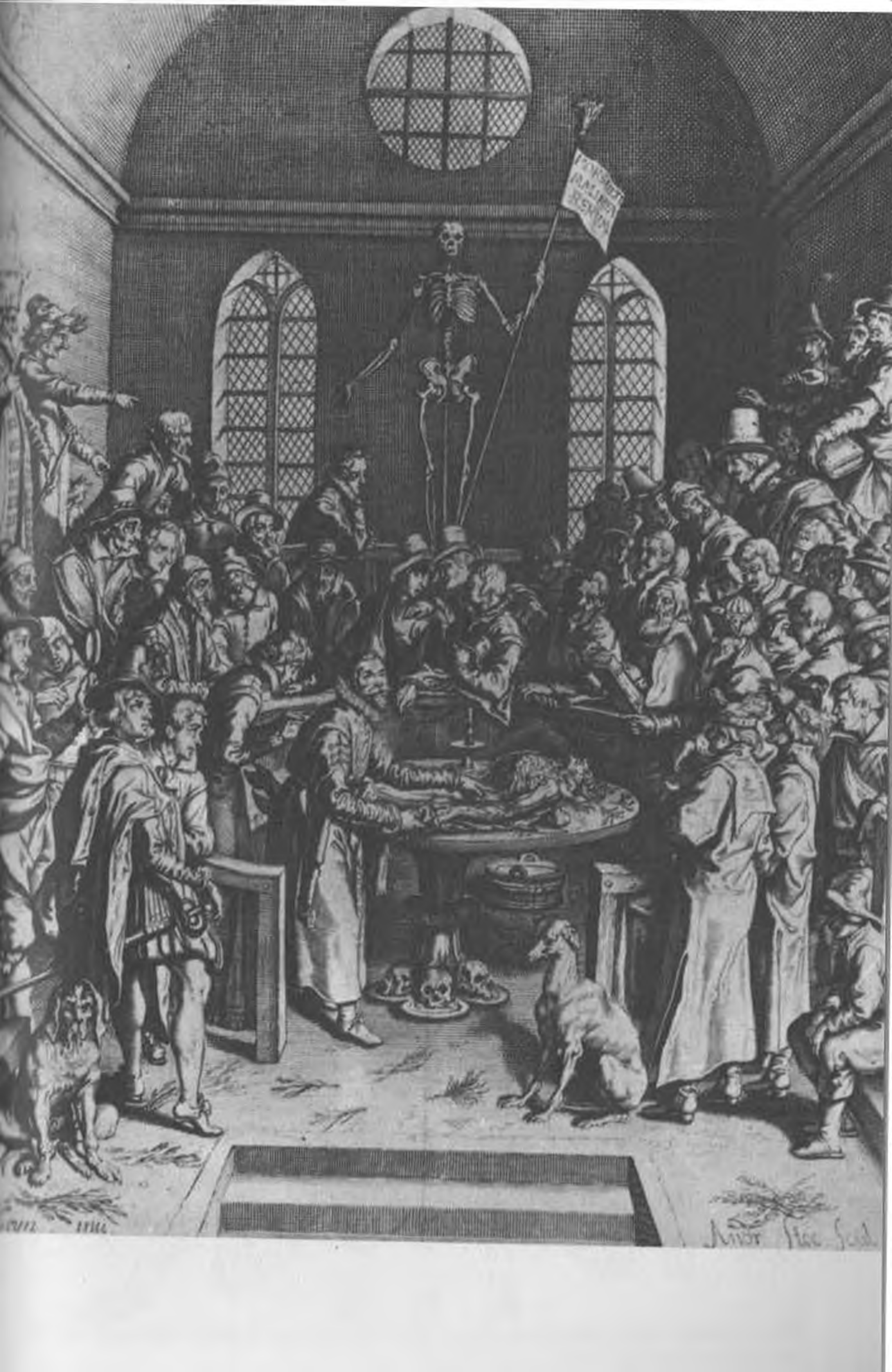
La escuela paracélsica desvía nuestra atención hacia un entorno social muy diferente. Como sugeríamos anteriormente, Paracelso, hijo ilegítimo de una noble, fue un estudioso desencajado de su medio, ya que trabajó entre los grupos sociales más humildes de la Alemania meridional. Pensando en él, dice el doctor Pagel:

¿Habría personajes más contradictorios que Vesalio, con su barba rizada, sus modales cortesanos, su ciceroniana elocuencia; y Paracelso, tosco y estridente, con apariencia —por su talla y vestimenta— de un barbero cirujano?

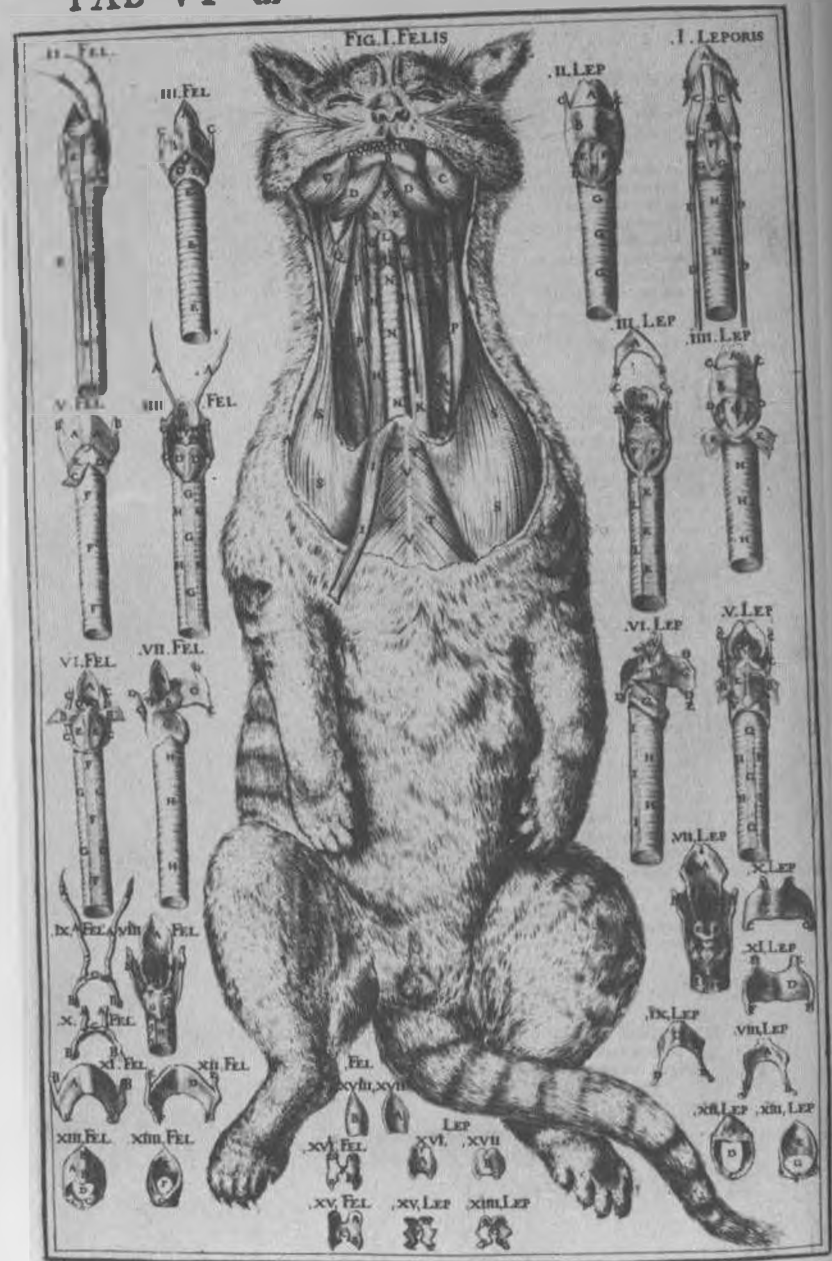
Paracelso rechazó el universo jerarquizado de los aristotélicos y lo reemplazó por un sistema basado en los tres principios del azufre, el mercurio y la sal. Esto trajo consigo implicaciones sociales tanto como médicas, y a ello se debió el que las doctrinas de Paracelso tuvieran poca aceptación entre el grupo selecto de los médicos en la Europa del siglo XVI. De hecho, Paracelso atacó abiertamente las pretensiones de la medicina académica. El error hundía sus raíces en fuentes universitarias: «Os crean las universidades de Leipzig, Tubinga, Viena e Ingoldstadt», afirmaba Paracelso.

Mas él era un intelectual y no un artesano ignorante. Demostró tener conocimientos abundantes de las teorías médicas y ortodoxas y se sirvió a menudo de ellas. Hay motivo para creer que frecuentó círculos universitarios cuando joven, sobre todo en Italia. Se atribuía ser doctor por la Universidad de Ferrara, y muchas de sus ideas proceden de la Academia Florentina. Por ejemplo, se consideraba restaurador de la ciencia antigua («priscia»), tapada por la basura de las doctrinas más recientes, en especial la de Aristóteles, Galeno y los árabes.

Hubo también una nota de protesta religiosa en los escritos de Paracelso. El objetivo que perseguía era no sólo la restauración de



TAB. VI. FELIS, ET LEPORIS



Giulio Casserio (1552-1616), *De Vocis Auditusque organis historia anatomica* (1601). Casserio fue contemporáneo de Fabrizi d'Acquapendente en Padua, y se dice que ocupó el puesto de éste cuando estuvo enfermo entre 1595 y 1604, pero que luego sufrió a causa de la envidia de d'Acquapendente. Esta ilustración atestigua la floreciente escuela anatómica de Padua hacia el año 1600.

la verdad médica, sino también de la religión. El estrato social en cuyo nombre hablaba era el de los despreciados cirujanos y boticarios, cuya protesta se expresaba en términos religiosos y médicos a la vez. Estos pensaban que la lógica había llevado a la medicina a un callejón sin salida y que era responsable de los males que afligían a la Iglesia cristiana. Se comprende así que la doctrina médica de Paracelso se divulgara durante la segunda mitad del siglo XVI entre cirujanos y boticarios, que eran más numerosos que los médicos. Pero la nota de protesta social y religiosa que las autoridades asociaron, no sin razón, con las doctrinas paracélsicas, condujeron a la censura y el desaliento. Fueron pocos los libros paracélsicos editados, y los que lo fueron iban firmados con iniciales, no con nombres.

El desarraigo que hemos observado en Paracelso puede observarse también en cuantos abiertamente se identificaron con su doctrina. Bruno, por ejemplo. El mismo carácter de inquietud se dio en la carrera de John Dee, otro paracélsico y astrólogo isabelino. También Walter Raleigh, que se enemistó cada vez más con su entorno político, fue seguidor de Paracelso, como también lo fue «el conde hechicero», Northumberland, cuyo enajenamiento tomó la forma de recusación católica. Tomaso Campanella, colega napolitano de Bruno, fue otra figura, lo mismo que Helmont, objeto de vigilancia por parte de la Inquisición.

Esta nota característica de aislamiento ayuda a explicar, al menos en parte, la obsesión paracélsica por el poder y la magia. Uno se siente tentado a considerarlos buscando en el mundo de la naturaleza el poder que se les denegaba en su vida cotidiana. Hay un gran contraste entre la inquietud de espíritu de los paracélsicos y la seguridad profesional, por no llamarla complacencia, de los discípulos de Galeno. Los primeros se consideraban oprimidos y esto les llevó al ocultismo y la paranoia. Los otros prevalecían en el mundo académico de las publicaciones y manuales.

Aunque compartían ciertos aspectos de la tradición mágica, ha-

bía un abismo entre matemáticos y paracélsicos, socialmente hablando. Ninguna nota de protesta social pudo advertirse entre neoplatónicos como Copérnico, Kepler y Newton. Podemos, si nos agrada, considerarlos como desarraigados de su medio social: Copérnico, en la Prusia del Este; Kepler, el luterano incardinado en los dominios de la casa de Habsburgo; Newton, el matemático hereje en la Cambridge ortodoxa. Pero este desarraigo no revistió forma social. Al neoplatónico, a diferencia del paracélsico, se le encontraba en el seno de las instituciones tradicionales de la sociedad y aceptando su protección.

Mientras los discípulos de Paracelso consagraron sus esfuerzos a la yatroquimica, con su glorificación de la habilidad manual, los neoplatónicos volvieron la mirada a los planetas. Los primeros insistían en los experimentos químicos; los otros creían que la clave de la ciencia universal se hallaba en las matemáticas. De ahí que las conquistas de los neoplatónicos se produjeran en el mundo de la astronomía. No aspiraban al poder, sino a la comprensión.

La historia del neoplatonismo en la Europa de los siglos XVI y XVII está aún por escribirse, aun cuando ciertos hitos son bastante claros; por ejemplo, su comienzo: tuvo lugar con la fundación de la Academia Florentina. Ficino y cuantos siguieron sus ideas buscaban las realidades de la existencia en el universo inmutable de Platón, y no en el mundo cambiente de Aristóteles. Burckhardt llamó a este desarrollo «la más bella flor de la erudición renacentista». Mas, desde otro punto de vista, el neoplatonismo significó la retirada de los peligros y abusos del ejercicio político. En su retraimiento, los neoplatónicos siguieron una escala de valores diferente de la implicada en el hincapié humanista, en la retórica y la política; rechazaban la actividad y se volvieron hacia la contemplación de las verdades eternas: actitud que, junto con la insistencia en la vertiente matemática, fue probablemente una de las bases de la ciencia moderna. Desde esta perspectiva, neoplatonismo y ciencia significan el rechazo, por una minoría intelectual, de los valores mantenidos por los grupos selectos de

Compárese este retrato
de Paracelso, portavoz
de los grupos sociales menos
favorecidos, con el de Vesalio
en la página 198.



AV.PH. TH. PARACELSI, NATI ANNO 1493. MORTVI ANNO 1541. AETATIS SVAE 47. EFFIGIES.

Sir Jonas Moore publicó en 1681 su *New System of Mathematicks*. La imagen presenta el interés práctico de Moore como supervisor general de las ordenanzas. Anteriormente, en 1649, había sido supervisor del sistema de drenaje Fen. En los primeros años de la Royal Society se esperaba mucho de los resultados prácticos de la ciencia, pero no siempre justificadamente.



la Europa occidental. El neoplatonismo fue una actitud —detectable bajo diversas apariencias entre los siglos XVIII y XX— gracias a la cual la ciencia ofrecía una disyuntiva intelectual más atrayente ante los compromisos mundanos de cada día.

El substrato social de los mecanicistas no es susceptible de una explicación simplista, aunque algunos historiadores han relacionado la aparición del mecanicismo con la de una economía comercial autorreguladora, tal como apareció en Inglaterra y Holanda durante el siglo XVII. Es ésta una hipótesis capaz de seducir, pero los testimonios indican que el mecanicismo se propagó entre círculos intelectuales con elevada proporción de nobles y escasos comerciantes. Su imagen del científico fue la de un «virtuoso» o gentilhombre culto. Según lo describe Sprat en su *History of the Royal Society* (1667), el gentilhombre era capaz de poseer una erudición muy extensa, no limitada a una especialidad concreta:

> Hay que conceder también algún privilegio a la esplendidez de sus espíritus, que no se hallan sojuzgados o impedidos por un trabajo absorbente... La invención es una tarea heroica que se sitúa por encima del alcance del genio rastrero y vulgar.

El aspecto social del mecanicismo se pone igualmente de relieve en la protección de que fueron objeto las distintas sociedades. La Acccademia del Cimento se apoyaba en una corte toscana; la Académie des Sciences estaba respaldada por el apoyo de Luis XIV, y la Royal Society contaba con la benevolencia de Carlos II. Prototipos de estos grupos fueron gentiles hombres como Boyle y Towneley, médicos como Borelli y clérigos como Mersenne. En Holanda el cartesiamismo se propagó entre los médicos y teólogos.

Lo que es significativo es que los grupos mecanicistas viviesen en estado de tensión con su entorno social, más que reflejar las ideas de la mayoría. Hasta en Inglaterra las presiones políticas y

sociales que pretendían imponer la conformidad fueron intensas. Los mecanicistas eran y continuaron siendo minoría, aun cuando, si miramos hacia atrás, podamos avanzar el juicio de que contaron con las cabezas mejor dotadas de su tiempo.

Geográficamente hablando, podemos considerar la Universidad de Padua como sede central del auge de la tradición galénica. A lo largo del siglo XVII su prestigio se mantuvo alto y sólo empezó a declinar en el siglo XVIII. Las doctrinas paracélsicas se originaron en la Alemania meridional y Bohemia, y parece que nunca perdieron esta vinculación territorial, ni siquiera tras las victorias de los Habsburgo por los años de 1620. El pietismo, con su actitud religiosa emocional y adogmática, y el paracelsismo, dan la impresión de que mantuvieron estrechas relaciones. El neoplatonismo es más difícil de localizar, pero podemos ver en las universidades inglesas —en Cambridge sobre todo— una célula doctrinal muy importante. También Francia parece haber tenido neoplatónicos. Por último, Holanda —y en no pequeña medida la Universidad de Leyden, cuyo prestigio creció a lo largo del siglo— se convirtió en un centro del mecanicismo.

Cronológicamente hablando, la revolución científica ofrece algunos cambios de tendencia. El declive del escolasticismo estuvo vinculado en parte al de la casa de Habsburgo, de España y del Sacro Romano Imperio. El prestigio intelectual no debería verse arrastrado en pos de determinada bandera, mas a menudo ocurre así; y la decadencia catastrófica de esos dos poderes al término de la Guerra de los Treinta Años y durante las décadas siguientes tuvo repercusión enorme en su influjo cultural. Otro tanto hay que decir en torno a la base centro-europea de la corriente paracélsica, y sobre el imperio económico de Venecia. El centro de gravedad social y económico se trasladó a Holanda, Francia e Inglaterra. La victoria del mecanismo en las postrimerías del siglo fue, en buena medida, una victoria de las ideas inglesas, francesas y holandesas.

Puritanismo y ciencia

Podemos concluir este capítulo examinando brevemente el aspecto de la estrecha vinculación del advenimiento de la ciencia moderna al puritanismo y al auge del capitalismo.

Este aspecto merece ser tratado más despacio porque tiene cierta lógica plausible. Es una idea que resulta más convincente en boca de historiadores anglosajones —ingleses y americanos— porque se apoya en el supuesto de que Inglaterra daba entonces la pauta en religión, comercio y ciencia. Por lo que a ésta se refiere, tales historiadores acentúan sobre todo el significado de Bacon y la fundación en 1662 de la Royal Society. Ponen de relieve la entrega de Bacon a lo experimental y el influjo que ejerció sobre los científicos de la Royal Society. Por una transición imperceptible, las ideas baconianas se convierten en criterio de pensamiento científico, y Francis Bacon aparece como el principal inspirador de la revolución que venimos estudiando.

La etapa siguiente de su argumentación consiste en interpretar a su manera la postura misma de Bacon. La vertiente práctica de los intereses de Bacon la acentúan hasta casi excluir los otros aspectos. El entusiasmo de Bacon por los conocimientos que pudieran espigarse en fuentes incultas, como los artesanos y mercaderes, es considerado un concepto pragmático de la ciencia. Y así, se entiende la revolución científica como un movimiento de significación manifiestamente utilitaria, sostenido en última instancia por los logros de unos cuantos hombres realistas para quienes Bacon fue, en parte, inspirador y, en parte, portavoz.

Esto supuesto, el proceso es relativamente sencillo. Dicha interpretación práctica —tan simplista— de la ciencia se vincula con facilidad al mundo del puritanismo y del comercio. Se ve a los puritanos como hombres cuya orientación religiosa dimanaba de las experiencias correspondientes; y, en consecuencia, por analogía, de la «experimentación». Los lazos de Bacon con el puritanismo se po-

El Gresham College, Londres, primera sede de lo que más tarde sería la Royal Society; fue fundado en los últimos años del reinado de Isabel I por donación testamentaria de sir Thomas Gresham (1519-1579). Con el fin de mejorar los verdaderos conocimientos científicos.

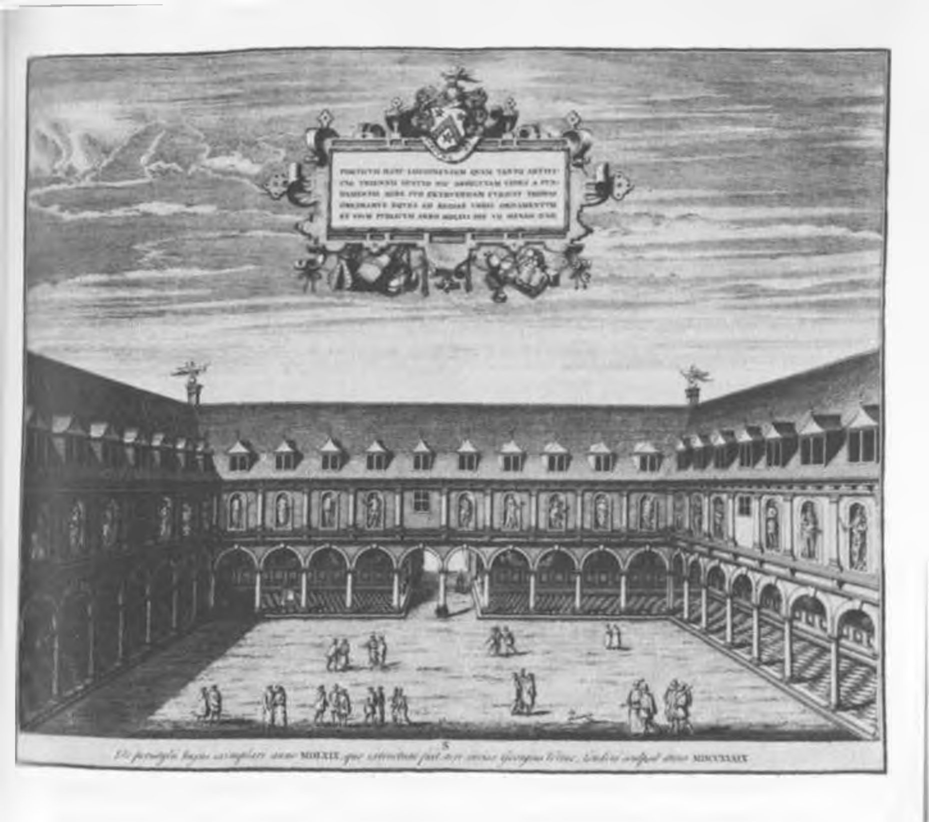
nen en primer plano, y su interés en lo experimental lo explican como parte de su actitud puritana.

Por último, esa interpretación acepta la existencia de contactos entre el puritanismo y la aparición del capitalismo. El individualismo económico es considerado el reverso del individualismo religioso. Las virtudes económicas del ahorro y la honradez parecen ser efectos secundarios de la «llamada» puritana. Se da por sentado que la gran mayoría de los comerciantes ingleses fueron puritanos y que las «áreas de crecimiento» de la economía inglesa dependieron en buena medida de la actitud puritana.

El hecho clave que parece avalar tales conclusiones es la fundación del Gresham College en los últimos años del reinado de Isabel I. El fundador fue un comerciante, Thomas Gresham, y su finalidad era, al parecer, cultivar la ciencia práctica y enseñarla a los comerciantes y artesanos de la City de Londres. La apoteosis del Gresham College se ve en la creación de la Royal Society en los años 1660. El eslabón decisivo en esto fue el grupo que apareció en Oxford por los años 1650, encabezado por John Wilkins, cuñado de Cromwell. Esos hombres hicieron de comadrones en el nacimiento de la nueva ciencia, que fue a la vez puritana, baconiana y comercial.

La fuerza persuasiva de tal explicación descansa sobre la aceptación de ciertos presupuestos bien definidos que apenas se sujetan a entredicho, dejan al descubierto la debilidad de la estructura entera, ahora menos convincente. De hecho, a mi modo de ver, la interpretación global es una pieza de alegatos especiales que exige una combinación extraordinaria de gimnasia intelectual y rígido dogmatismo.

La tesis sustantiva de este libro ha sido que, dígase lo que se quiera sobre la ciencia moderna, la ciencia del siglo XVII no puede ser tratada de manera simplista, y debe tenerse en cuenta la existencia de al menos tres tradiciones diferentes sobre el modo de interpretar el mundo de la naturaleza. Usar el término «ciencia» en absoluto es un anacronismo. Usarlo en un sentido que lo limite a



la sola interpretación de las ideas baconianas es totalmente equivocado.

Para juzgar de la cuestión hay que ensayarla. Una interpretación simplista no puede hacer justicia a las grandes figuras de Copérnico, Kepler y Descartes; y se ve obligada a acentuar el sentido práctico de hombres como Gilbert y Newton, contra la orientación general de los testimonios. Se da excesiva importancia a figuras de segunda fila, como Briggs y Harriot, e incluso Bacon. De hecho, convierten el papel de la aportación inglesa a la revolución científica —que fue, sin duda, grande— en un factor decisivo o central.

Creer que el puritanismo constituye un fenómeno simple o que los comerciantes fueron en mayoría puritanos es hacer suposiciones

gratuitas que no resisten un examen. La misma denominación de «puritano» puede usarse para designar hombres de opiniones y estamentos sociales muy dispares, desde eclesiásticos, como Ussher, hasta sectarios, como Winstanley. Es un término tan elástico que puede ir referido a nobles y artesanos, desde el conde de Leicester hasta John Bunyan. Esta ambigüedad radical se pierde de vista en la interpretación que vincula el «puritanismo» a la «ciencia». El supuesto básico de su argumentación está en que ambos términos designan puntos de vista reconocibles y unificados, que son, en definitiva, análogos.

La suposición de que el puritanismo y el capitalismo se hallan en estrecha relación tiene por base una fundamentación inadecuada del testimonio empírico. La experiencia vivida por la Inglaterra del siglo XVII pone de manifiesto que el mayor auge del comercio colonial tuvo lugar después de la Restauración. El tipo de cualidades que necesitaba un comerciante para ese género de actividad económica no era el de las asociadas con el ahorro o la «vocación» profesional. El típico comerciante de éxito fue el empresario a gran escala dedicado al comercio de reexportación o al comercio de esclavos o al comercio con la India. Para todo esto se requería una mentalidad o «instinto» de jugador. Otro camino hacia el éxito económico consistía en establecer buenas relaciones con los protectores gubernamentales, para lo cual el puritanismo era una desventaja.

Si queremos asociar el puritanismo con algún aspecto de la economía inglesa, parece más apropiado fijarse en las áreas textiles, que, desde mediados del siglo XVI hasta mediados del siglo XVII al menos, atravesaron una larga crisis económica, paliada sólo por el efímero florecimiento que se dio entre 1604 y 1614. El período de mayor prosperidad para la industria textil inglesa fue el siglo XV y la primera mitad del XVI. Fue entonces cuando «las ovejas devoraban a los hombres», según frase memorable de More; cuando la demanda de lana alcanzó su techo más alto. En la segunda mitad del siglo XVI, las áreas económicas que podemos asociar al puritanismo fueron áreas de decadencia o depresión económica. Y hasta el

puritanismo, tal como lo encontramos en ciertas parroquias de Londres y en las ciudades textiles de Yorkshire y Lancashire, puede que fuese una forma de compensación religiosa para los días negros que se abatieron sobre el pueblo. En este sentido, el puritanismo fue una especie de milenarismo, que hace su aparición como fenómeno social en períodos de grandes calamidades. Los puritanos eran progresistas en el sentido de esperar alguna suerte de reino divino sobre la tierra. Su religión no dio impulso al racionalismo económico, como Weber ha pretendido hacernos creer, sino que facilitó una serie de compensaciones frente a la decadencia económica. Y así, cabe esperar que el puritanismo, en algunas de sus formas, esté relacionado con la magia más que con la medicina.

Esta expectación se confirma cuando pasamos revista al período de la guerra civil en Inglaterra, momento en que la medicina paracélsica iba asociada a una oleada de entusiasmo religioso y de protesta social, dirigida contra las élites del derecho y la clericatura, lo mismo que contra el gremio de los médicos. John Webster, uno de los capellanes del ejército de Cromwell, escribió un panfleto urgiendo la introducción de las doctrinas paracélsicas en las universidades. Sugería que «la filosofía de Hermes, restaurada por la escuela paracélsica», se introdujese en las universidades; y apuntaba hacia el futuro en el que

> la juventud no pierda inútilmente el tiempo con nociones, especulaciones y disputas verbales, sino que se la enseñe a encallecer sus manos con el trabajo, a manchar sus dedos en los hornos para que los misterios descubiertos gracias a la pirotecnia y las maravillas alumbradas por la quimica se les hagan familiares... que no sean meros estudiantes y filósofos, sino verdaderos sofistas, *auténticos magos de la naturaleza, que no estén vagando en una circunferencia exterior, sino adentrados en el núcleo de los secretos ocultos de la naturaleza..* (*Academarium Examen*, 1654.)

El nombre de Bacon ha sido aplicado a este movimiento, mas sus antecedentes fueron europeos y sus padres, Paracelso, Van Hel-

mont y Comenio. Según hemos visto, esto no quiere decir que las ideas expresadas por los paracélsicos ingleses no contribuyeran en nada a producir la revolución científica. Van Helmont había señalado el camino para las experiencias sobre gases. Glauber fue un líder en la técnica experimental; y hay motivo razonable para creer que los paracélsicos (o helmontianos) ingleses fueron en aumento dentro de las islas hasta la gran plaga de 1666, si bien experimentaron un gran revés cuando murieron muchos de sus miembros.

El principal campo de interés de los paracélsicos era la yatroquímica, es decir, el uso de sustancias químicas como remedios curativos. La pericia técnica gozaba de gran prestigio. El trabajo manual no era despreciado, sino que se aceptó como algo natural. No se concedía demasiada importancia a las matemáticas. La conquista científica peculiar de los paracélsicos fue la preparación de compuestos nuevos; mas esta actividad se llevó a cabo en presencia de un substrato tal de ideas religiosas y filosóficas que la hicieron parecer algo más que una mera victoria técnica. Era el triunfo de la verdad sobre el error, del bien sobre el mal, del oprimido sobre el opresor.

Así, pues, si buscamos una explicación a este aspecto de la revolución científica, podemos hallarlo tanto en el descontento social y religioso como en la insatisfacción intelectual con una ideología dominante. La idea motriz de los paracélsicos fue una pretensión milenarista.

Comenio, lo mismo que sus seguidores, anhelaban una edad áurea de la sabiduría universal (pansophia). Otro tanto hicieron Bruno y Campanella. Si se mostraron progresistas fue en el marco de una futura armonía religiosa y no en el contexto de unos planes científicos y arreligiosos imaginarios.

Hubo también en la «mentalidad paracélsica» cierta tendencia a rechazar los hábitos intelectuales vinculados a la alta sociedad; y en esto se consideró al clérigo erudito, al médico y al hacendado como investidos de los mismos intereses sociales. Desde el punto de vista paracélsico, la distinción hecha por los aristotélicos entre artes «liberales» y «mecánicas» confirmaba los estrechos lazos existentes

entre un escolasticismo impío y una sociedad injusta. Era necesaria una reforma que pudiese levantar a una posición formativa de privilegio los valores prácticos de la química paracélsica. Así, pues, la revolución científica de ese grupo de hombres fue algo más que científica.

8 Impacto de la revolución científica

El impacto intelectual de la revolución científica puede resumirse brevemente como el desplazamiento de la autoridad de los «antiguos» —Aristóteles, Platón, etc.— por la autoridad de los «modernos» —Descartes, Newton y sus continuadores—. Fue ésta una transformación notable. Desde el siglo XII en adelante el progreso intelectual pareció confinarse al redescubrimiento de las conquistas de la civilización griega y romana. El mismo Renacimiento afianzó tal actitud al facilitar el acceso a textos nuevos de la antigüedad. Ahora, en cambio, se suponía que el progreso consistía en la aplicación de esquemas matemáticos y del método experimental a todos los aspectos de la naturaleza. Así, por ejemplo, en el siglo XVIII el científico americano Benjamín Franklin (1706-1790) hizo uso de conceptos newtonianos para construir una nueva ciencia de la «electricidad».

En términos generales esto suponía la victoria del mecanicismo sobre las tradiciones organicista y mágica. De hecho, la concepción mecanicista de la ciencia y la experimentación se convirtieron en factores dominantes del siglo XVIII. De ahí que las reservas expresadas por Newton en sus *Principia* se vieran relegadas al olvido; su obra más popular pasó a ser la *Optica,* donde era obvia por demás la influencia del mecanicismo.

Es también interesante el impacto que causó la victoria del mecanicismo sobre esferas de pensamiento que habían estado dominadas hasta entonces por supuestos no mecanicistas. El éxito de los mecanicistas en propagar su visión del universo puede atribuirse a su creación de un nuevo organismo intelectual: «la sociedad filosófica». Dedicada a los experimentos y a la investigación, la sociedad filosófica fue una obra característica de las postrimerías del siglo XVII y el siglo XVIII. Las universidades, en cambio, ciudadelas de la tradición clásica, se mantuvieron generalmente a la defensiva, si bien fue posible que una minoría de profesores fundasen asociaciones filosóficas en el seno de universidades concretas.

El tipo de sociedad filosófica que estimuló decisivamente los experimentos mecanicistas tuvo su origen a mediados de siglo en los



Benjamin Franklin (1706-1790), uno de los padres de la Ilustración americana que ayudó a asentar las bases de la tradición científica en América

grupos parisinos de Mersenne y Montmor y en la Royal Society; apenas pueden hallarse antecedentes en el siglo XVI. Tales comienzos fueron modestos, y se corre el riesgo de exagerar su importancia para las gentes de aquellos tiempos. Pero la moda prendió, y hacia 1750 las sociedades filosóficas eran ya una característica intelectual corriente en las ciudades de provincias. Algunas de ellas —las de Berlín y San Petersburgo— se crearon bajo los auspicios del Estado, según el modelo de la Académie des Sciences de Colbert. Otras, más autónomas y tal vez más fructíferas, fueron debidas a la iniciativa local. Hacia 1680, por ejemplo, hallamos establecidas sociedades filosóficas en Dublín, Oxford y Nueva Inglaterra. Sociedades o agrupaciones por el estilo existieron en Francia, Italia, Alemania y Holanda.

Estas sociedades publicaron las actas de sus sesiones con el objeto deliberado de llegar a un público más numeroso. El *Journal des Savants* y el *Philosophical Transactions*, órgano de la Royal So-

ciety, aparecieron en 1665 por primera vez. Oldenburg, secretario de la Royal Society, concebía claramente el *Philosophical Transactions* como equivalente mecanicista de un periódico de propaganda, y nunca se cansó de afirmar que el propósito de la Royal Society era introducir la «filosofía verdadera y mecánica». Pierre Bayle, otro propagandista de la causa, aunque de la generación siguiente, publicó una revista titulada *Republic of Letters.* Tales publicaciones explican en gran parte el éxito de los mecanicistas en el planteamiento de su causa.

De ese modo llegaron, más allá de los textos académicos, al gran público culto; y mientras los intercambios científicos se redujeron en 1600 a cartas privadas entre hombres eruditos, a fines de siglo los periódicos especializados tomaron a su cargo ese papel. Pero fueron tanto un instrumento de propaganda como una fuente de información, y constituyeron un arma de los modernos contra los antiguos.

Ciencia y filosofía

El éxito de los modernos mecanicistas en su desafío a la autoridad de los antiguos se debió también, en gran medida, a la popularidad de sus portavoces. El *Discurso del Método*, de Descartes, tuvo la enorme ventaja de ser a la vez autobiografía intelectual y estudio informal de filosofía ampliamente inteligible para el profano. Por el contrario, los puntos de vista académicos eran presentados en latín técnico y en obras inmanejables. Las publicaciones de la tradición ocultista llevaban la desventaja de ir destinadas a un público altamente selecto. Sólo los mecanicistas produjeron libros dirigidos al gran público.

En Francia, Fontenelle (1657-1757) se convirtió en divulgador para la segunda generación cartesiana. Su libro titulado *Conversaciones sobre la pluralidad de universos* (1685) hizo accesibles en for-

John Locke (1632-1704) fue, junto con Newton, una figura clave en la victoria de los «modernos» sobre los «antiguos» a fines del siglo XVII.



ma literaria ideas que habían sido propuestas por Descartes y otros mecanicistas a mediados de siglo. Logró que se aceptara como discutible un tema que lo hubiera llevado al patíbulo por hereje en 1600, a saber: la posibilidad de otros mundos. Era ésta una actitud con implicaciones obvias para la aspiración del cristianismo a ser tenido como única religión. Si existían otros mundos, ¿se había dado también en ellos la caída y habían sido redimidos? La obra de Fontenelle tuvo varias ediciones antes de concluir el siglo, y su popularidad es indicativa del modo en que el tradicionalismo, no obstante hallarse arraigado profundamente en las universidades de Francia, estaba siendo atacado por el flanco en los salones franceses.

Idéntico proceso tuvo lugar en Inglaterra. Aquí el ataque de los modernos contra los antiguos fue encabezado por el filósofo John Locke (1632-1704). Locke era un filósofo del nuevo estilo y su *Essay of Human Understanding*, publicado en 1690, estaba escrito en

prosa clara e inteligible. Locke lamentaba profundamente que la filosofía, considerada por él sencillamente como auténtico conocimiento de las cosas, fuera tenida como algo indigno o incapaz de figurar en buena compañía y ser objeto de conversación distinguida. En su *Essay* intentó hacer accesibles al gentilhombre inglés las implicaciones de la tradición mecanicista.

Locke fue en muchos aspectos un personaje característico del nuevo estilo de intelectual. Era, a la vez, de buena familia y estudió medicina. Se graduó en Oxford, pero reaccionó contra la tradición aristotélica. Era miembro de la Royal Society y entusiasta de la filosofía experimental. Donde logró gran influencia fue en su papel de portavoz de las ideas políticas de los whigs, que llegaron al poder en la «revolución gloriosa» de 1688. La victoria whigiana constituyó una ventaja indudable para la ideología de Locke, lo mismo en filosofía que en política.

Locke menciona expresamente en su *Essay* a los mecanicistas modernos Boyle, Sydenham y Huygens, así como «al incomparable Mr. Newton». Pero, aun cuando no lo hubiese hecho, su modernismo personal se deja entrever claramente. Consideraba las matemáticas, no la lógica, como el único camino analógico para llegar a la certeza.

En Locke hallamos una mezcla de fe en las matemáticas combinada con cierto escepticismo general en torno a las posibilidades de la razón fuera de la esfera matemática. La gran excepción era la ética, donde estimaba posible llegar a la demostración matemática. Era una conclusión importante, puesto que juzgaba también la moralidad como principal objetivo de la existencia humana. Pero en esa conclusión también suponía implícitamente que el vasto sistema metafísico creado por los escolásticos, desde Tomás de Aquino hasta Suárez, era un trasto inútil. Era mejor que los hombres se ocupasen de conseguir la moralidad y lo pragmático. El interés de Locke apuntaba al «conocimiento útil», no a la especulación abstracta.

En su obra *Thoughts on Education* (1703), Locke llevó aún más lejos su ataque contra los antiguos. Critica abiertamente en ella el arte tradicional de la lógica y la retórica. Opinaba que del estudio

de la lógica, tal como aparece expuesta en los manuales académicos, podía sacarse poco provecho; aunque, por otro lado, hablaba de la persona de Aristóteles. Y advierte a los padres: «si queréis que vuestros hijos razonen bien, hacedles leer a Bacon». En retórica no excluía radicalmente el estudio de Cicerón, pero estimaba que debían tenerse en cuenta las obras modernas bien escritas en inglés con miras a un estilo perfecto. Rechazó todos los sistemas de filosofía natural como especulaciones inútiles, e invitaba a sus discípulos a volverse hacia figuras como Boyle, que hizo progresar la ciencia en un sector determinado mediante experimentos u observaciones.

Los dos ensayos de Locke, *Of Human Understanding* y *On Education,* fueron la afirmación más clara de la postura moderna a fines del siglo XVII; y medir el impacto intelectual de la revolución científica, al menos en Inglaterra, equivale a medir la infuencia de Locke. El escolasticismo era todavía una tradición viva cuando Locke escribía, y sobrevivió aún algunas décadas. Pero, tras la publicación de los *Essays,* los modernos tuvieron armas poderosas en sus manos. La prosa de Locke se convirtió en modelo a seguir, y su hincapié en lo utilitario le llevó a minusvalorar la poesía; mientras Milton miraba el quehacer poético como tarea sublime, Locke lo vio como un pasatiempo caprichoso.

Por otro lado, no debemos sobrestimar la acogida de que fueron objeto las ideas lockianas. Su éxito en algunos sectores se vio contrapesado por la crítica en otros. Fue acusado por muchos de minar los fundamentos tradicionales de la moralidad y de destruir las razones alegadas en favor de la inmortalidad del alma. Su rechazo de la doctrina aristotélica acerca de la sustancia pareció a muchos incompatible con la enseñanza cristiana tradicional sobre la Trinidad. Un crítico dijo de él: «Este tendero ateo (Spinoza) es quien por primera vez redujo a sistema el ateísmo, y Mr. Locke es el segundo». Realmente, la pugna intelectual que se entabló en torno a Locke es otra prueba, si hiciese falta alguna, de que la revolución científica no fue un fenómeno exclusivamente circunscrito a la ciencia, sino una revolución intelectual en el sentido más amplio, que afectó a Dios, al hombre y, asimismo, a la naturaleza.

Ciencia y teología

Las implicaciones de esta revolución llevaron a intensificar el debate entre los mismos modernos, tanto como entre éstos y los antiguos. En la controversia Leibniz-Clarke de 1715-1717, por ejemplo, el filósofo alemán (Leibniz, 1646-1716) se enfrentó a los newtonianos acerca de las implicaciones teológicas y filosóficas de los *Principia* y la *Optica*. La controversia comenzó en 1705 y se recrudeció en 1715, cuando Leibniz se quejó a la Princesa de Gales, Carolina, de que las ideas de Newton estaban minando la base de la religion natural. Newton permitió a Samuel Clarke, un ferviente admirador, que le defendiese a través de cierta correspondencia que se publicó en 1717. Los dos prohombres implicados en ella eran los científicos modernos más sobresalientes. Newton, tras la publicación de sus *Principia* en 1687 y de su *Optica* en 1704, se había convertido en objeto casi idolátrico para muchos intelectuales ingleses. Leibniz era figura de gran prestigio en el continente, sin igual en el campo matemático y con intereses teológicos y científicos extraordinariamente amplios.

En esta controversia los dos hombres debatían, de hecho, las implicaciones religiosas de la filosofía mecánica. Ambos veían el universo como un reloj. Clarke, haciéndose eco de Newton, argumentaba que era un reloj necesitado siempre del «gobierno y supervisión» divinos. Leibniz miraba esto como un rebajamiento de la perfección divina, y argüía que Dios tenía que ser un relojero perfecto, previsor de todo, que puso remedio a cada cosa y creó una armonía y belleza preestablecidas.

Los argumentos de ambos se centraban sobre la naturaleza de la providencia divina en un mundo mecanicista. En el mundo aristotélico éste había sido un problema mayor, ya que la insistencia de Aristóteles y su escuela sobre las causas finales implicaba la previsión divina. Pero en el mundo mecanicista la finalidad carecía de sitio, y el espacio de los teólogos para la maniobra, por decirlo

así, era mucho más reducido. El debate Leibniz-Clarke es iluminador porque nos muestra un nuevo tipo de problemas, constituyéndose en vanguardia. Y explica, en breves rasgos, el impacto de la revolución científica sobre los filósofos cristianos.

El ataque a la tradición

La controversia entre antiguos y modernos puede considerarse, en términos generales, como polémica en torno a la validez intelectual de la tradición. Hasta entonces la Europa occidental había sido una sociedad tradicionalista en el sentido de que sus valores y modos de pensamiento eran aceptados por proceder del pasado. La Reforma, por revolucionaria que fuese, propugnaba la idea del retorno a la verdadera tradición cristiana. La postura tradicional, que buscaba en el pasado las ideas directrices, se apoyaba en el patrimonio mental de las Iglesias cristianas. La idea revolucionaria de descartar el pasado y construir un edificio nuevo fue un efecto primario de la revolución científica.

Hubo una repugnancia comprensible a abordar la situación directamente. Según hemos visto, Newton mismo puede ser considerado, desde cierta perspectiva, como un hombre que buscó su inspiración en el pensamiento griego. Entre la mayoría de los científicos, la Biblia y la doctrina cristiana continuaban siendo aceptadas como fuente a la vez de la verdad moral y religiosa. Mas el entusiasmo general por la experimentación y la búsqueda de un método científico basado en analogías matemáticas de ideas claras y distintas obró como un disolvente sobre muchas áreas de pensamiento.

Los cimientos de la tradición empezaron a resentirse tan pronto como las pruebas cartesianas de claridad y coherencia fueron aplicadas.

Los cambios intelectuales de fines del siglo XVII resultan visibles

en las actitudes contrastadas de Bossuet y Spinoza ante la tradición. Juan Bautista Bossuet (1627-1704), obispo de Meaux, fue una figura típica del institucionalismo francés. Pertenecía a una familia que sostuvo relaciones duraderas con la administración real, y personalmente estuvo muy vinculado a Luis XIV. Baruch de Spinoza (1632-1677) vivió oscuramente en Holanda, ganándose el sustento como pulidor de lentes. Era de origen judío y se crió en un clima de erudición rabínica ortodoxa; mas una crisis de fe sufrida cuando joven lo llevó de la ortodoxia judía a la disidencia radical.

Bossuet fue nombrado tutor del Delfín, para quien escribió su *Discurso de la Historia Universal*, en donde trataba de esbozar la historia del género humano, poniendo comprensiblemente el acento en la monarquía de derecho divino, de la que Luis XIV era encarnación. Bossuet asentó su tesis sobre la Biblia, que veía como fuente de toda verdad histórica. Las Escrituras eran para él la obra más antigua de la literatura universal, a cuyo lado las llamadas historias profanas eran sólo fábulas o un amasijo de datos confusos. La Biblia, en cambio, ponía a nuestro alcance, en el esbozo más diáfano, los hechos principales de la historia humana: el estado de bienaventuranza original, la caída, la corrupción del mundo, el castigo del diluvio y la aparición de las artes y los oficios humanos. Bossuet creía, sin dudarlo, que Moisés fue el autor del Génesis, o más bien el coautor, ya que en su redacción habia sido guiado por el Espíritu Santo.

Esta visión del mundo se apoyaba en la tradición, y Bossuet pudo apelar a generaciones enteras de teólogos eruditos, invocando su autoridad en favor de tales afirmaciones. Pero Bossuet escribía en un momento en que los principios cartesianos de la duda metódica y de las ideas claras y distintas estaban siendo aceptados por un número creciente de intelectuales. De hecho, podemos considerar la *Historia Universal*, de Bossuet, como un intento de refutar una vez por todas, mediante la acumulación masiva de autoridades, la traición de los intelectuales. La figura clave entre éstos, y a la que se dirigía Bossuet, era Spinoza, cuyo *Tractatus Theologico-Politicus*, una obra de crítica bíblica, se publicó en 1670.

Benedicto Spinoza (1632-1677), uno de los cerebros mejor dotados en «un siglo de genios». Aplicó a la Biblia el sistema cartesiano de la duda metódica



El examen crítico hecho por Spinoza al Pentateuco —los cinco primeros libros del Antiguo Testamento— era revolucionario en el mejor estilo cartesiano. Rechazaba la asignación tradicional del Pentateuco a Moisés y demostraba que debió ser escrito por alguien muy posterior. Frente al mensaje de los profetas adoptó una postura igualmente crítica, puesto que, según los patrones cartesianos, ese mensaje resultaba a menudo oscuro y contradictorio. Por último, excluyó la posibilidad de los milagros basándose en que «la naturaleza sigue un orden fijo e inmutable». Los milagros eran manifiestamente imposibles en el mundo mecanicista de Descartes, aunque éste nunca sacara tal conclusión.

Spinoza expuso en términos inequívocos el conflicto existente entre la visión tradicionalista del mundo sostenida por Bossuet, y el universo mecanicista de Descartes. La reacción ortodoxa fue una mezcla de pasmo y de horror. Pero las ideas expuestas en el *Tractatus Theologico-Politicus* no podían silenciarse y fueron ganando adep-

tos tras la publicación del *Dictionnaire*, de Bayle (1697). Pierre Bayle nació en Francia y había sido profesor en la academia protestante de Sedán.

En 1681 se refugió en Holanda, donde publicó su *Dictionnaire*, algunos años más tarde, como réplica a la intolerancia. Bayle se apropió de gran parte del espíritu crítico de Spinoza en los artículos escritos para su diccionario, aunque en el artículo dedicado a Spinoza mismo adoptó una postura mucho más cauta.

En Spinoza y Bayle podemos descubrir los comienzos de la Ilustración del siglo XVIII, un movimiento derivado, en buena medida, de la revolución científica. Los fundadores de la Ilustración adoptaron como uno de sus principios básicos la duda metódica cartesiana y extendieron su uso a la esfera de los postulados sociales y religiosos, en una escala que el mismo Descartes no había intentado. La Ilustración adoptó igualmente un optimismo relativo sobre las posibilidades del progreso humano que puede sorprenderse en el rechazo de los *Pensées*, de Pascal, por Voltaire.

La influencia de los modelos mecánicos

El impacto de la revolución científica puede verse también en la aceptación general de los *Principia*, de Newton, como patrón intelectual. Newton era considerado como un hombre que había puesto de relieve con éxito hasta qué punto los complejos fenómenos terrestres y celestes podían ser descritos en el marco de un sistema matemático único. Su triunfo movió a otros a intentar algo parecido en los dominios propios de su actividad. Adam Smith, por ejemplo, mostraba en su clásica síntesis *The Wealth of Nations* (1776) que las múltiples actividades de la economía se desenvolvían de acuerdo con leyes económicas que eran el equivalente de las leyes científicas de Newton.

La influencia de la revolución científica llevó a la aplicación de

métodos estadísticos a la economía bajo el epígrafe sugerente de «Aritmética Política». Su inventor, William Petty (1623-1687), era miembro de la Royal Society y admirador de los ideales baconianos, según propia confesión. El mismo impulso científico cabe descubrir en la frase «cálculo moral» y en la aplicación de analogías matemáticas a los análisis sociales por medio del principio «el mayor bienestar de mayor número». Las imágenes organicistas tradicionales dieron paso de modo creciente a otras tomadas de las máquinas.

Por otro lado, no debemos ponderar con exceso la influencia directa de la revolución científica en todas las áreas del pensamiento. El entusiasmo acrítico por el cambio llevó a una reacción contraria. La interpretación mecanicista de la naturaleza vino a ser considerada por muchos como satisfactoria para dar explicación de todos los fenómenos. El resultado fue el movimiento que denominamos «romanticismo»: un volverse hacia el pasado y lo particular, en contra del futuro y de las leyes generales. Pero ni siquiera el romanticismo puede explicarse sin alguna referencia a la revolución científica.

El impacto práctico de la ciencia

Hasta ahora hemos limitado nuestra atención a cuestiones teóricas. Es también conveniente preguntarnos hasta qué punto la revolución científica satisfizo las esperanzas de algunos de sus primeros propagadores. Francis Bacon, e incluso Descartes, esperaban que la humanidad se beneficiase del auge de la experimentación. Para hombres como Jonathan Swift tales esperanzas quedaron ampliamente insatisfechas. En el libro III de *Gulliver's Travels*, Swift ridiculiza las pretensiones de los experimentalistas, describiendo las actividades de un filósofo que intentó extraer luz solar de los pepinos. Se mofaba también de quienes pretendían hacer de las matemáticas un modelo de conducta en los asuntos humanos.

Jonathan Swift no fue un caso aislado, y podrían multiplicarse

ejemplos similares de escepticismo en torno a la ciencia. Pero los defensores de la ciencia nueva podían señalar aquellas esferas en que los nuevos métodos resultaron beneficiosos. El cambio tuvo efectos muy notables en la medicina. El siglo XVIII fue el siglo de oro de la profesión médica, precisamente gracias a los cambios introducidos como secuela de la revolución científica. La técnica baconiana de la observación meticulosa y la anotación se mostró particularmente eficaz en el tratamiento de las enfermedades. Thomas Sydenham (1624-1689), uno de los héroes de John Locke, adoptó los métodos baconianos. Leyden se convirtió en la capital intelectual de la nueva medicina, y la influencia de sus graduados se extendió por toda Europa.

Otro campo en que la revolución científica, en su forma mecanicista, tuvo considerable influjo fue la agricultura e industria. Habitualmente se ha considerado a los hombres que empeñaron sus esfuerzos en la revolución industrial como genios iletrados carentes de educación formal. Mientras se mantuvo tal estimación no se planteó la cuestión de los posibles lazos entre las revoluciones científica e industrial. El interés se centró en torno a las ideas religiosas de los vanguardistas de la industria. T. S. Ashton, por ejemplo, en su clásico tratado de la industria inglesa del hierro y el acero, llama la atención hacia las creencias inconformistas de muchos de los primeros siderúrgicos; y sus observaciones, lo mismo que las de otros historiadores, tratan de confirmar la hipótesis de Weber y Tawney sobre que el puritanismo fue el elemento decisivo en la formación de la mentalidad capitalista y, como resultado, en la revolución industrial. Esta idea es hoy discutible. La investigación reciente ha probado que los incorfomistas fueron una reducidísima minoría.

Los historiadores han demostrado que muchos de los personajes implicados en el desarrollo industrial primitivo en Gran Bretaña no eran desconocedores de la ciencia; al contrario, mostraron considerable interés por las cuestiones científicas. James Watt (1713-1819) se benefició de sus buenas relaciones con el científico de la Universidad de Glasgow Joseph Black (1728-1799), cuyos trabajos en

torno al calor latente capacitaron a Watt para lograr progresos decisivos en las máquinas de vapor contemporáneas. John Smeaton (1714-1792) fue miembro de la Royal Society, a la que leyó una conferencia titulada «Estudio experimental relativo a la energía natural del agua y el viento». Smeaton se sirvió de experiencias de laboratorio y teorías para mejorar sus máquinas, y dos de sus ruedas de agua fueron empleadas en el Carron Ironworks, la primera siderurgia de Escocia. Con Watt, Smeaton y muchos otros nos hallamos ante el análisis científico empleado en servicio de la industria. La Sociedad Lunar, fundada en Birmingham a mediados del siglo XVIII, incluía entre sus miembros a industriales de la primera hora.

La ciencia dejó sentir también su influencia en las mejoras agrícolas. A principios del siglo XVIII se fundaron por toda Europa sociedades que tenían por objeto mejorar la agricultura. La Royal Society, en sus primeros años, difundió cuestionarios por las diversas regiones. Aquí, como en todo lo demás, no debemos exagerar la importancia de los cambios; pero no hay duda alguna de que los métodos experimentales fomentados por los científicos produjeron sus resultados.

Cabe preguntarse por qué la revolución industrial se originó en Gran Bretaña y no en el continente. Si la revolución científica fue un fenómeno cultural en varios países de la Europa occidental podría esperarse que tuviera en Europa consecuencias parecidas a las de Inglaterra. La respuesta tal vez se halle en la disparidad de intereses científicos entre Inglaterra y el continente. En Inglaterra predominaban los valores del baconianismo, debido al influjo de la Royal Society. Esta sometió a estudio desde el principio los métodos de mejora de los patrones técnicos con la mirada puesta en industrias concretas. En el continente, en cambio, la tradición cartesiana se robusteció cada vez más, y se puso el acento sobre todo en la satisfacción de la curiosidad intelectual como opuesta al utilitarismo práctico.

El contraste fue más pronunciado en las matemáticas y en los

inventos técnicos. El continente asistió al florecimiento extraordinario de las matemáticas y de las ciencias afines: astronomía, mecánica, electricidad y magnetismo. Los nombres famosos en esos dominios fueron casi todos europeos: la familia Bernoulli, Euler, Lagrange, Monge, D'Alembert, Boscovich, Maupertuis, Coulomb, Lavoisier y muchos otros. Pocos ingleses descollaron en esta compañía.

En Inglaterra la influencia de Francis Bacon orientó el interés de los científicos hacia materias de más proyección práctica, dejando de lado las matemáticas y la curiosidad por las ideas en sí mismas. El número de inventos hechos por científicos ingleses durante el siglo XVIII fue impresionante: la fundición del hierro, hilanderías de algodón y máquinas de tejer, máquinas de vapor, carreteras, canales y medios de transporte. La riqueza inventiva en el campo de la economía contrasta con la esterilidad relativa en el de la ciencia pura. Las agrupaciones científicas inglesas centraron su atención en cuestiones de importancia práctica, como para salir al paso de los escarnios de Swift en *Gulliver's Travels*. Escocia, por el contrario, fue menos baconiana y más continental en sus ideas.

El contraste entre el desarrollo inglés y el continental no fue total. La Academia de Ciencias de París publicó descripciones de los métodos utilizados en las diversas artes y en los distintos oficios (1761-1781). Algunos hombres de ciencia europeos utilizaron sus conocimientos teóricos aplicándolos a la producción de textiles, la preparación de productos químicos y la fabricación de azúcar de remolacha. Pero, en general, parece efectivamente cierto que en Inglaterra predominó el influjo de Bacon y en el continente el de Descartes.

La revolución científica y la creación literaria

Los efectos de la revolución científica sobre el lenguaje y la inventiva literaria guardan estrechos contactos con la sustitución de las tradiciones aristotélica y ocultista por la tradición mecanicista;

un cambio que alcanzó su mayor dramatismo con el advenimiento de una nueva prosa literaria en aquellos países afectados por la revolución científica. Las virtudes de la prosa nueva fueron su claridad y concisión, que rayaron a gran altura en las obras de Descartes y Pascal. En Inglaterra el nuevo estilo consiguió su arquetipo clásico en la prosa tranquila, sin atrevimientos, de John Locke. En Alemania, en cambio, donde la filosofía mecanicista tuvo poca resonancia, no se ve aparecer una prosa moderna y ágil hasta fines del siglo XVIII. Leibniz escribió casi siempre en francés o latín, y sólo raras veces en alemán.

A fines del siglo XVII, la nueva prosa se había convertido en Francia, Inglaterra y Holanda en el principal modelo de imitación. Este cambio hay que contarlo también entre las victorias de los modernos sobre los antiguos. Mientras Hooker siguió a Cicerón y Bacon imitó a Tácito, los prosistas de fines del siglo XVII y comienzos del XVIII copiaron a sus propios contemporáneos. Incluso Swift, aun siendo conservador en muchas cosas, logró una prosa de estilo moderno.

La analogía que sirvió de pauta a la nueva prosa fue tomada de las matemáticas y el cambio ocurrió a mediados de siglo, durante las décadas en que el *Discurso del Método* cartesiano comenzaba a ejercer una influencia decisiva. Lo que este hecho entrañó podemos verlo en una sencilla comparación entre Hobbes y Locke. Hobbes, aun siendo mecanicista, hizo uso del lenguaje e imaginería tradicionales para describir el estado de naturaleza:

En tal condición no hay lugar para la industria, porque el fruto de ésta es incierto; y, en consecuencia, no hay cultivo de la tierra, ni navegación, ni aprovechamiento de las mercaderías que pueden importarse por vía marítima; ni hay edificios confortables, ni instrumentos capaces de mover y remover cosas que exigen mucha fuerza, ni conocimiento de la superficie terrestre; ni cómputo del tiempo, ni artes, ni letras, ni sociedades; y lo peor de todo es que se dan temores continuos y peligros de muerte violenta; y la vida del hombre es solitaria, pobre, triste, bestial y corta (*Leviathan*, libro I, c. 13).

Locke, en cambio, lo describe con términos ayunos de emoción:

Pero aunque se trata de un estado de libertad, no es un estado de licencia; si bien el hombre goza en ese estado de libertad incontrolada para disponer de su persona y propiedades, carece de libertad para destruirse a sí mismo o a cualquier otra criatura sometida a su dominio, a menos que algún objetivo más noble que su mera conservación asi lo reclame (*Second Essay of Civil Government*, c. 2).

Hobbes buscaba de continuo las imágenes adecuadas para cautivar a sus lectores. Al subrayar la importancia de las definiciones claras, se refirió, en un cuadro lleno de colorido, a aquellos que se dejan llevar por ideas falsas, y «al no ver el error manifiesto ni desconfiar de sus primeros principios, ignoran de qué modo ilustrarse a sí mismos y pierden el tiempo revoloteando sobre sus libros, como pájaros que, habiendo entrado por la chimenea y hallándose cautivos en una habitación, revolotean a la luz falsa de una ventana de vidrio, pues les falta discernimiento para dar con el camino por donde entraron». Locke, por su parte, se contenta con afirmar escuetamente la necesidad de definir los propios términos.

Ciencia y poesia

La victoria de la filosofía mecanicista cambió también el modo expresivo de los poetas. En 1600 las tradiciones galénica y ocultista suministraban a los poetas una amplia gama de imágenes aptas para describir las emociones humanas. El mundo de la astronomía fue accesible al poeta, ya que el microcosmos del hombre y el macrocosmos de los astros se consideraban análogos. Las tempestuosas escenas de *Lear* ofrecen un ejemplo clásico del paralelo que existe entre el desasosiego en la naturaleza y el tormento en el alma humana.

La tradición mágica proveyó también de imágenes propias a

poetas como Henry Vaughan (1621-1695). Vaughan, traductor de una obra de medicina hermética, consideraba el mundo como expresión de la mente divina:

> Las briznas de la hierba que ofrecen su comida,
> los árboles sus hojas, las flores sus semillas;
> el polvo del que vengo;
> las piedras, de blandura mayor que el corazón,
> las gotas de la lluvia, los suspiros del viento,
> los astros a que soy del todo ciego;
> el rocío que embebe tus hierbas por la noche,
> los rayos que les prestan tu calor y tu luz:
> En todas estas cosas hay signos de la vida,
> y a todas las emplazo a juzgar la contienda [65].

En estra tradición, el vocabulario hermético de *simpatía*, *influencia*, *imán*, *rayo*, *señal*, etc., viene con toda naturalidad a la pluma del poeta. Se daba por supuesta la existencia de lazos estrechos entre las estrellas y las plantas más pequeñas. Como escribió Thomas Vaughan, hermano de Henry:

> no hay una *hierba* aquí *abajo* que no tenga una *estrella* en el *cielo*, *estrella* que al herirla con sus *rayos* le grita: Crece [66]

En el nuevo mundo científico de fines del siglo XVII y principios del XVIII estas fuentes tradicionales de lenguaje e imaginería les fueron denegadas a los poetas, a menos que las usaran de modo fantástico y satírico. La poesía no murió al contacto con la frialdad filosófica, como pensaron los poetas románticos del siglo XIX, sino que cambió de acento y de puntos de referencia. La poesía característica de comienzos del siglo XIX fue o bien satírica, como el *Dunciad*, de Pope, o bien naturista, como *The Seasons*, de Thomson, o los *Night Thoughts*, de Young.

The Seasons es un ejemplo interesante del modo en que la óp-

tica newtoniana llevaba al poeta a apreciar el valor del colorido en el universo. Newton había probado en su *Optica* que la luz blanca se componía de los colores del arco iris. Thomson y otros poetas quedaron tan impresionados por este hecho como Shakespeare lo fue por el tiempo y Milton por el espacio. La poesía de comienzos del siglo XVIII se distingue por su insistencia en los variados matices que hacen de la naturaleza una maravilla de variedad.

Vale la pena subrayar una última consecuencia de la decadencia de la tradición mágica, a saber: la desaparición de la brujería. El profesor Hugh Trevor-Roper ha señalado en su brillante ensayo *The Witchcraft Craze* que el desarrollo del neo-platonismo en el siglo XVI estimulaba la creencia en la existencia de las brujas. Por lo tanto, desde cierto punto de vista, la tradición mágica no era tan sólo una excentricidad inofensiva, sino jue formaba parte de toda una visión intelectual que era responsable, al menos indirectamente, de la persecución de miles de seres humanos indefensos, tanto hombres como mujeres. Sin embargo, en el nuevo universo mecanístico de finales del siglo XVII las brujas no tenan cabida. La victoria de la máquina había matado la existencia de la brujería.

Así, pues, la revolución científica causó un impacto extraordinario en el modo como muchos intelectuales pensaron y sintieron acerca del universo. Tales hombres eran aún minoría en la Europa occidental, y estaban divididos sobre las implicaciones de la nueva ciencia. Pero el tono del siglo XVIII iba a ser dictado por ellos; y aunque el movimiento romántico fuese una reacción contraria a sus ideas, no iba a producirse un retorno a las tradiciones de los años 1600. Los tradicionalistas del siglo XIX lo fueron sólo de nombre, porque su tradición era un producto consciente de sí mismo. La revolución científica creó un gran hiatus entre las actitudes moderna y tradicional. El pasado, con todas sus virtudes, se había ido para siempre. Y se había configurado la modernidad, con todos sus inconvenientes.

Notas

1. Aristóteles, *Physica*, Libro VIII, 9.
2. A. R. Hall y M. Boas Hall, eds., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, Madison y Londres, III, 1966, p. 164.
3. *Opera omnia*, tr. J. Constable, 1662, p. 109, citado por J. R. Partington en *A History of Chemistry*, vol. II, Londres, 1961, p. 223.
4. F. Sherwood Taylor, *Alchemical Papers of Plot*, «Ambix», IV (dic 1949), p. 73.
5. Galileo, *Las dos ciencias nuevas*, «Third Day».
6. *Ibid.*
7. Citado por I. B. Cohen, *Birth of New Physics*, 1961, p. 17.
8. *Ibid.*, p. 18.
9. *Las dos ciencias nuevas*, «First Day».
10. Harvey, *De motu cordis*, c. VIII.
11. *Ibid.*
12. Citado por J. Brodrick, *Robert Bellarmine*, vol. I, 1928, p. 71.
13. Citado por A. Koestler, *The Sleepwalkers*, Londres, 1959, p. 149.
14. Citado por T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge. Mass., 1951, p. 128.
15. *Ibid.*, p. 129.
16. *Ibid.*, p. 130.
17. D. P. Walker tiene un artículo muy orientador titulado *Kepler's Celestial Music*, en «Journal of Warburg and Courtauld Institutes», 1967. Otro tanto cabe decir del artículo de Miss Yates, *The Hermetic Tradition in Renaissance Science*, ed. C. S. Singleton, *Arts, Science and History in the Renaissance*, Baltimore, 1967.
18. Citado por A. Koestler, *The Sleepwalkers*, p. 157.
19. Citado por E. Rosen, *Galileo's Misstatements about Copernicus*, «Isis», 49 (1958), p. 324.
20. *Ibid.*, p. 324.
21. *Ibid.*, p. 326.
22. Citado por F. Yates, *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition*, Londres, 1964, p. 208.
23. Gilbert, *De Magnete*, Libro V, c. 12.
24. *Ibid.*
25. *Ibid.*
26. Citado por F. Yates, *Bruno*, p. 188.

27. George Peele, *Honour of the Garter,* citado por R. H. Kargon, *Atomism in England,* Oxford, 1966, p. 12.
28. Citado por R. P. Rattansi, *Alchemy in Ralegh,* «Ambix», vol. XIII, 1965-1966, p.127.
29. Citado por W. Pagel, *Paracelsus,* Nueva York, 1958, pp. 142-143.
30. Citado por M. Caspar. *Kepler,* Londres y Nueva York, 1959, p. 63.
31. *Ibid.,* p. 267.
32. *Ibid.,* p. 280.
33. Citado por A. Koestler, *The Sleepwalkers,* pp. 258-259.
34. Caspar, ed. cit., p. 95.
35. *Ibid.,* p. 267.
36. Citado por A. Koestler, ed. cit., p. 265
37. Citado por J. R. Partington, *A History of Chemistry,* vol. II, p. 234-235.
38. Citado por J. Mephan, *Helmont,* en R. Harré, ed., *Early Seventeenth-century Scientists,* Oxford, 1965, p. 141.
39. G. de Santillana, ed., *Galileo's Dialogue on the Great World Systems,* Chicago, 1953, p. 452.
40. *Ibid.,* p. 415.
41. *Ibid.,* p. 3.
42. *Ibid.,* p. 35.
43. *Ibid.,* p. 114.
44. *Ibid.,* p. 71.
45. *Ibid.,* p. 94.
46. *Principia Philosophiae,* part. IV, c. XVII, ed. Everyman, p. 226.
47. *Ibid.,* p. 171.
48. *Ibid.,* part. II, c. XXXVI. E. Ansombe y P. T. Geach, eds., *Descartes: Philosophical Writings,* Edimburgo, 1954, p. 215.
49. *Ibid.,* part. IV, c. CCIV.
50. *Ibid.,* part. IV. c. CXCVIII.
51. *Discurso del Método,* ed. Everyman, pp. 39-40.
52. *Principia Philosophiae,* part. I, c. XXVIII, ed. Everyman, p. 176.
53. *Treatise on the Weight of the Air,* I. H. B. Spiers, ed., *The Physical Treatises of Pascal,* Nueva York, 1937, pp. 31-32.
54. *Ibid.,* pp. 103-108.
55. A. R. Hall y M. Boas Hall, *op. cit.,* vol. II, p. 40.

56. H. G. Alexander, ed. Leibniz-Clarke, *Correspondence*, Manchester, 1956, p. 92.
57. Boyle, *A Continuation of New Experiments Physico-Mechanical*, 1669, expt. 41, repr. J. B. Conant, *Harvard Case Studies in Experimental Science*, Cambridge, Mass., 1957, pp. 37-38.
58. Impreso en P. E. More y F. L. Cross, *Anglicanism*, Londres, 1935, p. 103.
59. Hall y Boas Hall, *op. cit.*, vol. II (1663-1665), 1966, p. 208.
60. H. W. Turnbull, ed., *Correspondence of Isaac Newton*, vol. I, Cambridge, 1959, p. 98.
61. J. M. Keynes, *Essays in Biography*, Londres, 1951, pp. 313-314.
62. Citado por J. E. McGuire y P. M. Rattansi, *Newton and the Pipes of Pan*, en «Notes and Records of the Royal Society», dic. 1966, p. 116.
63. *Ibid.*, p. 118.
64. El profesor Frank Manuel ha descrito recientemente el aspecto negativo de la figura de Newton: *A Portrait of Isaac Newton*, Cambridge, Mass., 1968.
65. Henry Vaughan, *Repentance*, en L. C. Martin, ed., *Works*, Oxford, 1957, p. 449.
66. Citado por C. H. Hutchinson, *Henry Vaughan*, Oxford, 1947, pp. 153-154

Bibliografía

Entre los libros que pueden recomendarse a los lectores en general como introducciones buenas a la historia de la ciencia durante los siglos XVI y XVII se hallan: Butterfield, H.: *Origins of Modern Science,* Londres, 1949, trad. cast., Madrid, 1958; la única obra escrita por un historiador general y que así lleva la ventaja de enmarcar la ciencia en una amplia perspectiva histórica. Gillispie, G. C.: *The Edge of Objectivity,* Princeton, 1960; es un tratado brillante del desarrollo científico a partir de Galileo. Hall, A. R.: *The Scientific Revolution,* Londres, 1954; ofrece un relato sustancial y esquemático, acentuando sobre todo las cuestiones científicas. Kearney, H. F.: *Origins of the Scientific Revolution*, Londres, 1969; Kline, M.: *Mathematics in Western Culture,* Nueva York, 1953, y L. W. H. Hull: *History and Philosophy of Science*, Londres, 1959; otros dos buenos libros generales; el segundo tiene traducción castellana. Barcelona, 1961. Koestler, A.: *The Sleepwalkers*, Londres-Nueva York, 1959; obra enjuiciada con cierto detenimiento en «Isis» (1959) por su pretendida actitud injusta hacia Copérnico, Kepler y Galileo. Aun aceptadas estas críticas, el libro sigue siendo un relato sugestivo de la revolución científica desde un punto de vista poco común. Kuhn, T. S.: *The Structure of Scientific Revolution,* Chicago, 1962; se trata de un libro muy original que intenta explicar la revolución científica de los siglos XVI y XVII en el contexto de una teoría de altos vuelos acerca del cambio intelectual. Toulmin, S., y Goodfield, J.: *The Fabric of the Heavens*, Londres, 1961, y *The Architecture of Matter,* Londres, 1962; dos obras bien escritas sobre historia de la astronomía, la primera, y sobre las teorías de la materia, la segunda.

Como he querido indicar en este libro, las tradiciones científicas del mundo greco-romano y de la Edad Media tuvieron gran influjo en la imagen renacentista del universo y en la revolución científica. Pueden verse al respecto: Clagett, M.: *Greek Science in Antiquity*, Nueva York, 1956, y Stahl, W. H.: *Roman Science: Origins, Development and Influence to the Late Middle Ages,* Madison, 1962; dos manuales útiles en torno al pensamiento del mundo antiguo. Needham, J.: *Science and Civilization in China*, Cambridge, 1954; un estudio magnífico de historia intelectual (véase el artículo de A. R. Hall sobre este trabajo en «Economic History Review», 1968). Samburs-

ky, S.: *The Physical World of the Greeks*, Londres-Nueva York, 1956, y *The Physical World of Late Antiquity*, Londres-Nueva York, 1962; ambas obras constituyen una guía muy buena sobre la ciencia griega y romana. Santillana, G. de: *The Origins of Scientific Thought*, Chicago, 1961; es también un estudio muy orientador. Wong, G. H. C.: *China's Opposition to Western Science during Late Ming and Early Ch'ing*, en «Isis» (1963); interesante artículo.

Sobre la ciencia medieval se han escrito muchas obras desde la pionera de todas: Duhem, P.: *Le système du monde*, París, 1913-1917, última ed., París, 1954-58. Entre otras cabe citar: Crombie, A. C.: *Augustine to Galileo*, Londres, 1952, Nueva York, 1959, y Clagett, M.: *The Science of Mechanics in Middle Ages*, Madison, Wisconsin, 1959; son las dos guías mejores en inglés para adentrarse por este difícil terreno (véase también el artículo de Clagett: *The Impact of Archimedes on Medieval Science*, en «Isis» (1959). De los artículos recientes sobre la ciencia medieval tienen particular interés: Crombie, A. C.: *Quantification in Medieval Physics*, en «Isis» (1961). Grant, E.: *Nicole Oresme and his «De proportionibus proportionum»*, en «Isis» (1960). Maier, A.: *Studien zur Naturphilosophie des spätscholastik;* es una obra clásica recientemente traducida al inglés. Y otro libro importante acerca de la ciencia antigua y medieval se debe a Dijksterhuis, E. J.: *The Mechanization of the World Picture*, trad. ingl., Oxford, 1961.

Sobre la revolución científica en su conjunto, la obra standard es hoy Taton, R., ed.: *The Beginnings of Modern Science from 1450 to 1800*, trad. ingl., Nueva York-Londres, 1964. Además, merecen citarse: Boas, M.: *The Scientific Renaissance 1450-1630*, Londres, 1962; buena introducción al período que estudia. Hall, A. R.: *From Galileo to Newton 1630-1720*, Londres, 1963, y Cohen, I. B.: *Birth of a New Physics*, Nueva York, 1960; pueden prestar un gran servicio a los lectores en general respecto al siglo XVII. Pledge, H. T.: *Science since 1500*, Londres, 1966; un trabajo breve, pero valioso. Randhall, J. H.: *Scientific Method in the School of Padua*, en Wilnner y Noland, op. cit., p. 139, y Underwood, E. A.: *Early Teaching of Anatomy at Padua*, en «Annals of Science», marzo 1963; son dos artículos importantes. Stimson, D.: *The Gradual Acceptance*

of the Copernican Theory of the Universe, Nueva York, 1917; pese a la fecha, es todavía digno de atención. Wightman, W. P. D.: *Science and the Renaissance*, Edimburgo, 1962; es un tratado más amplio, de interés, sobre todo, para los estudiantes.

Hay muchos libros que no podrían clasificarse dentro de una categoría determinada y que son de gran interés. He aquí algunos: Clagett, M., ed.: *Critical Problems in the History of Science*, Madison, Wisconsin, 1959, y Crombie, A. C., ed.: *Scientific Change*, Londres, 1963: dos valiosas colecciones de conferencias leídas en otros tantos coloquios internacionales que se acompañan con las notas o extractos de los debates sostenidos. Conant, J. B., ed.: *Harvard Case Studies in Experimental Science*, Cambridge, Mass., 1937; ofrece un interesante estudio de historia de la ciencia, donde se hace uso de documentos para ilustrar la solución de ciertos problemas científicos. Crosland, M.: *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Londres, 1962; estudio desusado y original de la historia primitiva de la química. Thorndike, L.: *History of Magic and Experimental Science*, Nueva York, 1923-1958; obra que en sus seis volúmenes suministra un análisis exhaustivo de los aspectos de la ciencia primitiva que se ignoran habitualmente. Wiener y Noland, ed.: *Roots of Scientific Thought*, Nueva York, 1957; es una excelente antología de importantes artículos aparecidos en el «Journal of History of Ideas».

Sobre lo que he llamado la «tradición mágica», Alexandre Koyré ha escrito un libro fascinante: *Mystiques, spirituels, alchimistes*, París, 1955. Cabe citar, además: Kocher, P. H.: *Science and Religion in Elizabethan England*, San Marino, California, 1953; interesante trabajo acerca del tema. Patrides, C. A.: *The numerological approach to cosmic order during the English Renaissance*, en «Isis» (1958); Rattansi, P. M.: *Alchemy and Magic in Raleigh's History of the World*, en «Ambix» (1966); Shirley, J. W.: *The Scientific Experiments of Sir Walter Raleigh, the Wizard Earl and the three Magi in the Tower 1603-1617*, en «Ambix» (1949); son otros tantos artículos importantes y recientes sobre este aspecto de la ciencia.

Algunas figuras científicas del período atrajeron más comentarios que otras. Sobre Copérnico, Kepler y Galileo se ha escrito más que

sobre cualesquiera otros autores: Caspar, M.: *Johannes Kepler*, trad. ingl., Londres, 1959; biografía standard de Kepler. En un artículo reciente, titulado *Kepler's Laws of Planetary Motion 1609-1616*, «British Journal for History of Science» (1964), J. L. Russell examina la historia de las teorías keplerianas después de 1609. Geymonat, L.: *Galileo Galilei*, Nueva York-Londres, 1967; es un largo estudio biográfico sobre Galileo. Hay también, al menos, dos libros sobre su aportación general a la ciencia: A. Koyré: *Etudes Galiléennes*, París, 1939, y E. McMullin, ed.: *Galileo, Man of Science*, Nueva York-Londres, 1967; y un estudio interesante acerca de las relaciones de Galileo con la curia papal: G. de Santillana: *The Crime of Galileo*, Chicago-Londres, 1955. Santillana editó también la versión de Salusbury a la obra de Galileo titulada *Dialogue on the Great World Systems*, Chicago, 1953. Existe, además, una edición de los escritos menores de Galileo hecha por Stillman Drake bajo el título *Discoveries and Opinions of Galileo*, Nueva York, 1957. A. Koyré: *Metaphysics and Measurement*, Cambridge, Mass., 1908; contiene tres ensayos de Koyré en torno a Galileo. Entre los artículos recientes son de particular interés: E. Grant: *Bradwardine and Galileo*, en «Archives for History of Exact Sciences», 2 vols., 1962-66; W. C. Humphreys: *Galileo, Falling Bodies and Inclined Planes*, en «British Journal for History of Science», 1966-67; A. Koyré: *Galileo and Plato*, en Wiener y Noland, *op. cit.*, p. 147; S. Sambursky: *Galileo's Attempts at a Cosmogony*, en «Isis» (1962).

Dejando aparte los estudios relativos a esas grandes figuras históricas, la selección se hace más difícil. Escasean los buenos libros generales sobre personajes como Gilbert, Bacon, Harvey, Van Helmont, Torricelli, Pascal e incluso Descartes; aunque se hayan escrito capítulos excelentes acerca de ellos en determinados libros.

Sobre Leonardo tenemos un symposium interesante, recogido bajo el título *Leonardo da Vinci et l'expérience scientifique au XVIe siècle. Paris 4-7 juillet, 1952* (París, 1953).

La biografía clásica de Vesalio se debe a C. D. O'Malley: *Andreas Vesalius of Brussels 1514-1564*, Berkeley, 1964; véase también el artículo del mismo autor titulado *A Review of Vesalian Literature*, en «History of Science» (1965).

Gilbert no ha sido aún objeto de un tratamiento adecuado; sólo su *De Magnete* nos es accesible ahora en edición impresa, y existe un artículo muy bueno debido a E. Zilsel: *Origins of Gilbert's Scientific Method*, en Wiener y Noland, *op. cit.*, p. 219.

Descartes ha merecido un buen capítulo en *Forces and Fields*, Londres, 1961, obra de Mary B. Hesse. E. S. Halclane y G. R. T. Ross, edd.: *Philosophical Works of Descartes*, Cambridge, 1911, nos es ya accesible en caracteres impresos; como también la versión inglesa hecha por J. Lafleur del *Discourse in Method, Optics, Geometry and Meteorology*, Nueva York, 1968.

La aportación de Mersenne se trata ampliamente en R. Lenoble: *Mersenne ou la naissance du mécanisme*, París, 1943.

Sobre Harvey existe la biografía de Geoffrey Keynes, Oxford, 1966, y cierto número de artículos importantes, sobre todo: D. Fleming: *Galen on the Motions of the Blood in the Heart and Lungs*, en «Isis» (1955); D. Fleming: *William Harvey and the Pulmonary Circulation*, en «Isis» (1955); W. Pagel: *William Harvey and the Purpose of Circulation*, en «Isis» (1951); J. S. Wilkie: *Harvey's Immediate Debt to Aristotle and to Galen*, en «History of Science» (1965). Gweneth Whitteridge ha editado y traducido el *De Motu Locali Animalium*, Cambridge, 1959, y las *Anatomical Lectures*, Londres, 1964.

En torno a Bacon puede consultarse P. Rossi: *Francis Bacon: From Magic to Science*, trad. ingl., Londres, 1968.

Existe una introducción a Boyle que ilumina ciertos aspectos de su obra, y fue escrita por M. Boas en *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry*, Cambridge, 1958; y un largo artículo de C. Webster: *The Discovery of Boyle's Law and the Concept of the Elasticity of Air in the 17th century*, en «Archives for History of Exact Sciences», 1962-66.

Sobre la figura relativamente olvidada de Robert Hooke existe un buen estudio moderno de M. Espinasse: *Robert Hooke*, Berkeley, Londres, 1956; y un artículo de Mary B. Hesse: *Hooke's Philosophical Algebra*, en «Isis» (1966). La *Micrographia* de Hooke es ahora accesible en edición impresa.

Un trabajo muy útil sobre Pascal es la colección de M. A. Bera: *Blaise Pascal, l'homme et l'oeuvre*, París, 1956.

Torricelli es bien tratado en W. E. Knowles Middleton: *History of the Barometer*, Baltimore, 1964.

Sobre Newton tenemos ya una biografía de primera clase escrita por Frank Manuel: *A Portrait of Newton*, Cambridge, Mass., 1968; los *Principia* y la *Optica* se hallan editados por la Universidad de California (1962) y por Dover Books (1952), respectivamente. I. B. Cohen editó *Papers and Letters on Natural Philosophy*, Cambridge, 1958; y A. R. y M. B. Hall editaron, a su vez, otros escritos de Newton bajo el título *Unpublished Scientific Papers*, Cambridge, 1962. El libro de Cohen titulado *Franklin and Newton*, Filadelfia, 1956, es muy orientador sobre el tema; como también A. Koyré: *Newtonian Studies*, Cambridge, Mass., 1965. Es obligado mencionar también el interesante artículo de J. E. McGuire y P. M. Rattansi: *Newton and the Pipes of Pan*, en «Notes and Records of the Royal Society» (diciembre 1966); y el manual escolar de A. I. Sabra: *Theories of Light from Descartes to Newton*, Londres, 1967.

El tratado general más convincente en torno al papel desempeñado por las sociedades científicas durante este período sigue siendo M. Ornstein: *Role of Scientific Societies in the 17th Century*, Chicago, 1928. El mejor tratado de historia primitiva de la Royal Society es aún el del obispo Sprat, reeditado hace poco en facsímil por J. I. Cope y H. W. Jones, St. Louis, 1958. Para los historiadores futuros de la Royal Society se halla ahora en vías de publicación la edición definitiva de las cartas de su primer secretario, Henry Oldenburg, preparada por A. R. Hall y Marie Boas Hall, Madison, Wisconsin, 1965. Poseemos dos buenos artículos sobre el tema: R. Schofield: *Histories of Scientific Societies*, y C. Webster: *Origins of the Royal Society*, ambos en «History of Science» (1963 y 1967); y un simposium recogido en «Notes and Records of the Royal Society» (1969). Otros artículos de interés son: W. E. Houghton: *The History of Trades*, en Wiener y Noland, *op. cit.*, pp. 354-381, y F. R. Johnson: *Gresham College: Precursor of the Royal Society*, en Wiener y Noland, *op. cit.*, pp. 328-353. T. Hoppen está preparando un estudio de la Dublin Philosophical Society, Londres, Charlotteville, 1970.

Sobre el impacto de la revolución científica, el estudio general más reciente sigue siendo el de P. Hazard: *La Crise de la Conscience européenne,* París, 1935. En *From Closed Space to Infinite Universe,* Baltimore, 1957, A. Koyré se ocupa con brillantez de las implicaciones de la nueva ciencia según fueron vistas por Henry More y otros. E. A. Burtt: *Metaphysical Foundations of Modern Science,* Londres, 1925; es un libro interesante que sostiene la idea de que la ciencia moderna tuvo orígenes cuasi-religiosos. La controversia Leibniz-Clarke ha sido editada por H. G. Alexander: *The Leibniz-Clarke Correspondence,* Manchester, 1956. G. Buchdahl: *The Image of Newton and Locke in the Age of Reason,* Londres, 1961; es una selección útil, aunque breve, de documentos del siglo XVIII relativos a la Ilustración. Otra selección orientadora la hizo J. F. Lively: *The Enlightenment,* Londres-Nueva York, 1966. M. Nicolson, en *Newton Demands the Muse,* Prince, 1946, y en *Science and Imagination,* Nueva York, 1956, estudia el impacto de la ciencia sobre la creación literaria. R. F. Jones: *Ancients and Moderns,* St. Louis, 1936, ofrece un relato bien documentado de la controversia inglesa; es también de notable interés: A. Lovejoy: *The Great Chain of Being,* Cambridge, Mass., 1936, así como B. Willey: *The Seventeenth Century Background,* Londres, 1934. R. Scholfield describe una sociedad científica del siglo XVIII en *The Lunar Society of Birmingham,* Oxford, 1963. Por último, entre los artículos más importantes que tratan del impacto de la ciencia nueva citaremos: R. F. Lazarsfeld: *Quantification in Sociology. Trends, Sources and Problems,* en «Isis» (1961); R. K. Merton: *Science, Technology and Society in 17th Century England,* en «Osiris», 4 (1938), reeditado en 1968, y W. T. Stearn: *The Influence of Leyden on Botany in the 17th and 18th Centuries,* en «British Journal for History of Science», 1 (1962-63). A. E. Musson y E. Robinson acaban de publicar un estudio de gran valor: *Science and Technology in the Industrial Revolution,* Manchester-Nueva York, 1969, del que, por desgracia, no he podido servirme tanto como hubiera deseado. T. S. Kuhn tiene un artículo titulado *History of Science,* en D. L. Sils, ed.: *International encyclopedia of the social sciences,* Nueva York, 1968: una introducción breve y excelente a las cuestiones generales abordadas en esta obra.

A esta bibliografía, señalada por el autor en la edición inglesa, podría añadirse mucha más en francés, alemán, italiano y español. Asi lo hicieron P. Laín Entralgo y J. M. López Piñero en su excelente tratado *Panorama histórico de la ciencia moderna*, Ediciones Guadarrama, Madrid, 1963. Remitimos a nuestros lectores a esa obra, que incluye una bibliografía mucho más amplia, distribuida en estos capítulos: «Subsidios bibliográficos», «Historias generales de la ciencia», «Historia de la ciencia por épocas», «Historia de la matemática, astronomía, física, química, biología, botánica y zoología, geografía, geología y mineralogía, antropología positiva, psicología experimental, anatomía y fisiología». Sigue una orientación bibliográfica sobre antologías de textos clásicos y científicos, y otra en torno a la historia de la ciencia española.

A título informativo citaremos aquí nada más que algunas obras de carácter general, en español: Babini, J.: *Historia sucinta de la ciencia*, Buenos Aires, 1951. Julián Marías-Laín Entralgo: *Historia de la filosofía y de la ciencia*, Guadarrama, Madrid, 1964. Mieli-Papp-Babini: *Panorama general de la historia de la ciencia*, 12 vols., Buenos Aires, 1945-1961. Vera, F.: *Historia de la ciencia*, Barcelona, 1937. Vera, F.: *Historia de la cultura científica*, Buenos Aires, 1956-1958.

Nota de agradecimiento

Estoy muy agradecido a mis colegas Peter Burke, John Mepham y James Shiel por los útiles consejos que me dieron después de leer el manuscrito.

También deseo dar las gracias a los siguientes por haberme proporcionado el material gráfico para las ilustraciones (el número remite a la página en que aparece la ilustración): Frontispicio, 103, 155 Giraudon; 10-11, 20, 32, 53, 65, 69, 72 (arriba), 73 (abajo), 99, 111, 182 Museum of History of Science, Oxford; 15 (arriba y abajo), 180 (izquierda y derecha), 181 Bodleian Library, Oxford; 19, 33, 131, 135 Ronan Picture Library y Royal Astronomical Society; 71, 89, 109, 192, 195 Ronan Picture Library; 142, 157, 159 Ronan Picture Library y E. P. Goldschmidt and Co., Ltd.; 36, 217, 218, 225 Mansell Collection; 45, 51, 56-7, 61, 75, 120-1, 122, 123, 125, 173, 198, 201, 205 The Wellcome Trustees; 72 (abajo), 73 (arriba) National Maritime Museum, Greenwich; 79 Instituto Italiano; 102 Magnun Photos; 165 Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers, París; 189 National Portrait Gallery, Londres.

Indice analítico

Hugh Kearney

Orígenes de la ciencia moderna, 1500-1700

La revolución científica —que abarca desde Copérnico hasta Newton— se considera actualmente como uno de los acontecimientos más dignos de tenerse en cuenta dentro de la historia del mundo, ya que es entonces cuando se asientan las bases y tiene su origen la ciencia moderna. Durante los siglos XVI y XVII los nuevos descubrimientos matemáticos y las nuevas técnicas experimentales que se pusieron en práctica modificaron muchas de las ideas tradicionales sobre el mundo y su naturaleza, y en algunos casos las echaron totalmente por tierra. Esta revolución no discurrió, sin embargo, a lo largo de una línea de progreso ordenada metódicamente, como se asume con frecuencia; tampoco hay que suponer que los hombres que la promovieron actuaron siempre de forma racional. Por el contrario, su actuación era, con frecuencia, mucho más mágica que científica. En esta obra no se pasa por alto este aspecto de la cuestión, sino que se le da su justo valor dentro del ambiente de aquella época. En ella su autor abarca, además, todo lo que constituía el mundo científico de entonces, es decir, desde la astronomía (Copérnico, Kepler y Galileo) a la medicina (Harvey y Vesalio) y a la filosofía (Descartes y Pascal), enfocando su estudio en tres tradiciones fundamentales: la organicista, la mágica y la mecanicista, y rechazando la interpretación del pasado que se basa en dividir a los hombres en dos categorías: progresistas y revolucionarios. Finalmente, trata del ambiente social en que se desenvolvió este movimiento y el impacto que produjo en las disciplinas «no científicas», como la literatura.

Hugh Kearney es profesor de Historia en la Universidad de Edimburgo.